

目 录

第一章 天文学入门知识	(1)
一、天文学的研究对象和意义.....	(1)
二、天体系统.....	(5)
三、宇宙的尺度.....	(6)
四、地球在宇宙中的地位.....	(8)
五、天球和天球坐标系.....	(9)
第二章 认 星	(16)
一、星空概述.....	(16)
二、北天极附近的星空.....	(27)
三、春季星空.....	(34)
四、夏季星空.....	(39)
五、秋季星空.....	(46)
六、冬季星空.....	(53)
七、认星歌.....	(59)
第三章 太 阳	(62)
一、太阳的概况.....	(62)
二、太阳的能量来源.....	(63)
三、太阳的结构.....	(65)
四、太阳活动及其对地球的影响.....	(68)
五、太阳的诞生和衰亡.....	(74)

第四章 行星和卫星	(77)
一、行星和卫星的一般性质	(77)
二、行星中的“飞毛腿”水星	(80)
三、引人注目的金星	(82)
四、曾怀疑有生命存在的火星	(84)
五、行星之王——木星	(86)
六、比水还轻的土星	(88)
七、躺着转动的天王星	(90)
八、第一颗由计算确定的行星 ——海王星	(92)
九、太阳系的边疆卫士——冥王星	(97)
十、用肉眼辨认行星的方法	(99)
 第五章 地球和月球	(103)
一、地球概况	(103)
二、地球运动	(109)
三、月球概况	(122)
四、月球运动和月相变化	(126)
五、日食和月食	(132)
 第六章 太阳系的小天体	(142)
一、小行星	(142)
二、彗星	(146)
三、流星体	(152)
四、陨星	(157)
五、行星际物质	(158)

第七章 恒星和星系	(160)
一、恒星概述	(160)
二、各种各样的恒星	(167)
三、星云和星际物质	(175)
四、银河系	(179)
五、河外星系和总星系	(183)
六、类星体	(186)
第八章 人造天体	(189)
一、人造地球卫星	(189)
二、载人飞船	(200)
三、航天飞机	(201)
四、航天站	(202)
五、空间探测器	(203)
六、人造天体的发展	(205)
七、太空垃圾	(208)
第九章 天体的起源和演化	(210)
一、太阳系的演化	(210)
二、地球的演化	(215)
三、月球的演化	(217)
四、恒星的演化	(219)
五、星系的演化	(224)
第十章 宇宙论	(226)
一、宇宙的创生	(226)
二、宇宙空间有多大?	(228)

三、宇宙的年龄	(229)
四、宇宙的结局	(231)

附录

一、天文数据表	(236)
二、行星数据表	(239)
三、卫星数据表	(241)
四、全天星座表	(244)
五、星座观测月表	(247)

第一章 天文学入门知识

一、天文学的研究对象和意义

天文学是自然科学的基础学科之一，它有着极其悠久的历史，经久不衰的魅力，至今仍在蓬勃发展，是当代科学前沿阵地上非常活跃的一门学科。

简单地说，天文学是研究广袤无垠的宇宙中各类天体及其系统的科学，是研究它们的位置、分布、运动、形态、结构、物理状况、化学组成、相互关系及其起源演化的科学。

天文学的研究对象是天体。所谓天体，一般是指地球大气以外宇宙空间中各种客体的总称。从科学的角度来说，“天”是对于“地”而言的。地球大气内的现象如天空中的云、雨、雪等等都出现在大气中，不能作为天体，它们是气象学研究的对象。而从地球外落到地面上的陨石，则是天体。地球作为一颗行星，也是个天体。天体是宇宙间各种星体的通称，有自然天体和人造天体两大类。

本世纪60年代以前，根据宇宙中各种天体的质量、形态、运动状况等特点，人们把自然界的天体分为恒星、行星、卫星、流星体、彗星等不同种类。60年代以后，人们利用许多新的观测手段，陆续发现了红外源、射电源、X射线源、 γ 射线源、类星体、脉冲星等各种天体，这些天体都

是自然天体。1957年至今，人们向空间发射了各种人造卫星、宇宙火箭、行星探测器、载人飞船和空间实验室等各种航天器。它们在空中运行，使宇宙中增加了许多人造天体。

由于天文学以遥远的天体作为研究对象，它的主要研究手段便是观测，所以天文学是观测的科学。诚然，今天人们已经飞出了地球，可以对一些行星和卫星进行实地勘测，在上面进行某些科学实验；但从整体看来，人类总不能去解剖恒星，也无法搬动太阳、加热星云。在一般情况下，还是只能通过接收天体的辐射来寻找解开它们奥秘的钥匙。也就是说，人类只能“被动”地观测宇宙中发生的现象，收集感性认识的素材进行理论分析；而不能“主动”地影响被研究的宇宙空间客体。所以，创造和改进观测手段是重要的课题。正因为观测在天文学中占有特殊的地位，因此观测方法的每一次革新，观测工具的任何改进，常常会促使天文学更快地向前发展，甚至引起深刻的革命。

在没有天文仪器的古代，人们只能凭肉眼对天体进行粗略地观测，对天象进行大致地记录；只能从直观上简单区分恒星的不同亮度。那时候，人们不知道恒星的真实距离，天体的实际大小，当然更无法了解其性质、运动规律。17世纪初，意大利科学家伽利略首先用望远镜观察天空，他看到了荒凉寂寞的月面上峰峦迭起、木星的四个大卫星的周期运动、金星的盈亏现象、太阳上的黑子变化、银河中包含的繁星、……，这一系列惊人的发现，有力地证明了哥白尼的日心说，从而使天文学进入“望远镜天文学”的新时代。可以毫不夸张地说，象哥伦布发现新大陆一样，伽利略发现了新宇宙。

19世纪，天文学家开始把测光、分光及照相术运用于

天文观测中，这又使天文学发生了一个新的飞跃：诞生出一个新的分支——天体物理学。天体物理学通过对天体物理状况、化学组成、内部结构及其演化规律的研究，使人类对天体的认识、对宇宙的认识又大大向前迈进了一步。

第二次世界大战后发展起来的射电望远镜，使人们突破了可见光的界限，摆脱了地球大气及气候的影响。随着新型的大射电望远镜的问世，新的重大发现接踵而来，仅60年代就有脉冲星、星际有机分子、类星体及3开微波背景辐射等四大发现，这些重大成果极大地推动了现代天文学的迅速发展。

人造卫星上天后，进入了全波天文学时代，获得了更加丰富的资料。随着航天飞船的发射，人们不仅六次降临月球，对它进行实地科学研究，空间探测器还降落于金星和火星表面。大规模的空间探测迫使天文学教科书一再修改：金星决不是地球的“孪生姐妹”、火星上没有运河、木星竟是个液体行星……。

天文学的任何进步都对人类社会具有重要的积极意义。天文学的每项新发现，总会使哲学家们丰富他们的思维，对客观规律赋以新的论证。天文学的成就也促进了整个科学的发展。它的意义就在于：推动人们运用当前各门科学的成就来解释新的天文发现而深化对客观世界的认识。天文学的成就是人类的宝贵财富，受到了全人类的重视。随着工农业生产和科学技术的发展，对天文学的要求更为紧迫。

准确地测定时间一直是天文学的一项重要任务。为了准确的测量时间，就要观测恒星，还需要有精确的时钟作为守时工具。目前测时精度达到了 10^{-3} 秒，原子钟的准确度已达 10^{-13} 秒。航空、航海、宇宙航行的精确导航，大地测量，重力测量等都必须借助于对天体的观测。

人造地球卫星、空间探测器广泛地用于通讯、气象、测绘、探矿、医药、军事……，当然这涉及到现代科学的许多部门，但如何以最小的代价取得最多的、最重要的信息，这就需要天文学家来精心设计探测器的轨道。如“水手10号”飞船既探测了金星又能来回三次飞临水星上空，两艘“旅行者”飞船则巧借了木星的引力，使它们同时完成了对好几颗行星的科学探测。

太阳活动会引起地球磁场和电离层的变化，甚至使短波通讯中断；太阳活动还会发出大量高能粒子、紫外辐射及X射线，对于发射载人的航天飞船和人造卫星构成很大的威胁。此外，人们还发现太阳的活动对于地球有广泛的影响，例如大气气流、天气的长期变化等等，因此太阳活动的研究及预报也是一项具有重要意义的天文工作。

宇宙空间的天体和物质为我们提供了地面上难以比拟的超高温、超密度、超高速和强磁场等一系列宇宙条件，可以帮助我们揭开物质世界的秘密，促进科学的发展。天文学的发展对人类的自然观发生了重大的影响。哥白尼的日心说，是向当时教会权威的挑战，动摇了统治欧洲达一千年之久的唯心主义宇宙观，从此自然科学便开始从神学中解放出来。在当代天文学前沿上，辩证法和形而上学，唯物主义和唯心主义的斗争仍在持续进行。天文学的研究也具有哲学上的重要意义，它将以自己的研究成果丰富和发展辩证唯物主义哲学。

由于天文学的反馈和边缘科学的发展，天文学同国民经济各部门都有着间接但却是重要的联系。它涉及到未来的能源、交通、技术、理论知识等很多方面。普及和提高天文知识教育，是当前宇航时代的要求。

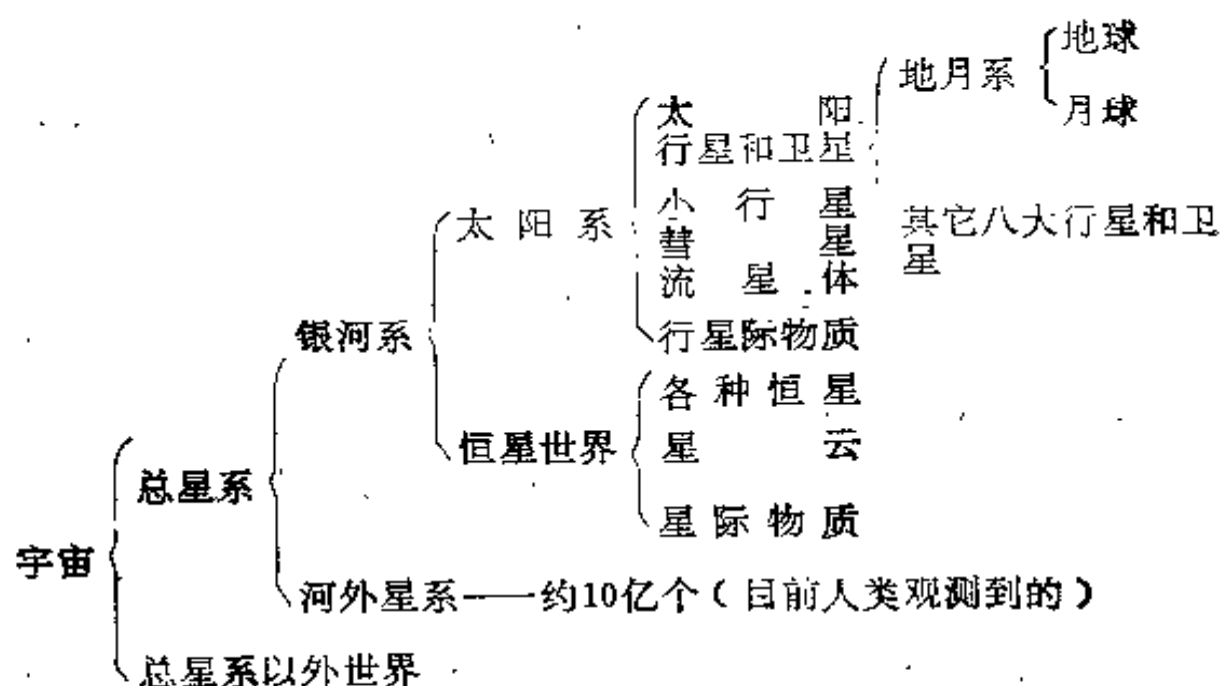
二、天体系统

如果把现代望远镜所能观测到的空间范围称为宇宙，那么构成宇宙的要素，就是大小和质量各不相同的各种层次。各层次在质量和密度上差别很大。这些层次大致分为行星系、恒星、星际气体、星系、星系团等。

在万有引力作用下，这些不同层次的天体互相吸引绕转，组成按一定规律运动的集合体，称为天体系统。

天体系统有不同的等级，如地月系、太阳系、银河系、总星系等。

宇宙中的天体系统如下表：



各天体系统的结构

1. 地月系

地月系是最低一级的天体系统，由地球和月球构成。地

月系的中心天体是地球，月球围绕地球公转。

2. 太阳系

太阳系是银河系的极微小部分，由太阳、行星、卫星、小行星、彗星、流星体、行星际物质等组成。太阳系的中心天体是太阳，其它天体，都在太阳的引力作用下，绕太阳公转。

3. 银河系

银河系是比太阳系更庞大的天体系统，它由1500至2000亿颗恒星和许多星云等天体组成。银河系的直径有10万光年。侧视银河系的形状像个“铁饼”。整个银河系在旋转着。太阳带着它的“家族”以每秒250公里的速度绕银河系中心旋转，转一周约需2.5亿年。

4. 总星系

总星系是银河系和人们能观测到的约10亿个河外星系的总称。然而，总星系还远远不是整个宇宙。宇宙在空间上是无边无际的，在时间上是无始无终的。不能把总星系和宇宙混淆起来。

三、宇宙的尺度

宇宙是非常巨大而又非常空虚的。一个直径为一百万英里的空间区域，平均只包含有一磅物质。不过，宇宙中的物质并不是均匀分布的，它们成团结块，集结成一些实体，即我们称之为行星、恒星和星系的天体。

地球就是一颗行星，它是一个由岩石和金属组成的球体，直径为12750公里。地球围绕着太阳运转，而太阳是一个直径约1392000公里的炽热气体球。太阳是一颗极平常的恒星，它是组成银河系的大约 10^{11} 颗恒星中的一个。银河

系的直径为 10^{11} 公里，而它也只不过是我们用望远镜拍摄到的几十亿个星系中的一个。

为了对宇宙的尺度有个印象，让我们来考虑几个不同的尺度模型。

在第一个模型中，把地球缩小为一个直径10厘米的球，也就是一只柚子大小。这时月亮相当于在三米远处（正好是一间房子的宽度）的一颗李子。太阳是一个直径11米的大球，同“柚子”的距离为1.2公里。最外边的那颗行星——冥王星，则位于47公里远处。可是，那最近的一颗恒星，半人马座的比邻星，还要远在314000公里远的地方，这已超出了地球上所能有的最大距离。显然，在谈到恒星距离时，我们必须换用一个模型。

在第二个模型中，把太阳系缩小到10厘米大小，于是地球直径只有0.00001厘米，这同细菌的大小差不多。太阳这时象是一粒尘埃，肉眼勉强能看见，离地球只有 $1/8$ 厘米。最近的那颗恒星位于 $1/3$ 公里远处。在这个模型里银河系中心远在2400公里的地方。最近的那个河外星系更加遥远，这个模型已无法表示了。

在第三个模型中，把整个银河系缩小到10厘米大小。这时，银河系里相邻两恒星的间隔只有0.0002厘米，只有在高倍显微镜下才能分辨开来。离我们最近的那个河外星系大约有一臂之远，而已观测到的最远的天体是在10公里远的地方。我们可以从容地在一小时内走到目前所观测到的宇宙的那个“边缘”。

四、地球在宇宙中的地位

宇宙无边无际，无始无终，地球在宇宙中好比“沧海一粟”。太阳系是银河系的一个成员，从太阳系中心到银河系中心有33000光年，而地球只是太阳系中的一个中等大小的行星，从地球到太阳的平均距离是15000万公里。必须认识到我们不是生存在互相平行的天地之间，而是居住在太阳系第三颗非常渺小的行星之上。这颗不大的行星运载我们全人类，忠实地跟随太阳去巡视银河、宇宙，我们全是星上人。

在太阳系九大行星中，地球轨道介于金星与火星之间，从地球到金星的最近距离是4000万公里。到火星的最近距离是5000多万公里。在九大行星中，金星上氧缺少，温度过高；火星上也没有发现氧，有极少的固态水，温度偏低且变化剧烈，自然环境比地球差多了，不具备生命存在的条件；其它行星的条件更差。在太阳系中，唯独地球上有生命，有人类活动。

那么，太阳系以外的其它恒星带有的行星上是否也存在着生命，甚至也有人类活动呢？这个问题现在还不能回答。不过，一些科学家认为，仅在银河系范围内，就有可能存在上百万个高度文明的社会。根据是：地球上的生命起源于碳基。既然地球上的碳基能够进化到高级动物，那么宇宙间的其它行星系统上，只要有适宜的条件，为什么不能有生命存在呢？

五、天球和天球坐标系

(一) 天球

广袤无垠的天空，在我们看起来好象是个庞大的圆球。在任何空旷的地方，你总会感觉到头顶上有一个巨大的半球形天穹。在这个半球的表面上，好象悬挂着日、月、星辰，凭人们的直觉无法分辨它们的远近。无论我们走到哪里，总觉得自己处在这个半球的中心，各种天体似乎离我们都一样远。由于人们的这种错觉，很自然形成了“天球”的概念。实际上天球是不存在的，各种天体的远近相差也很大，天球是人们为了表示天体的位置和运动而假想出来的。

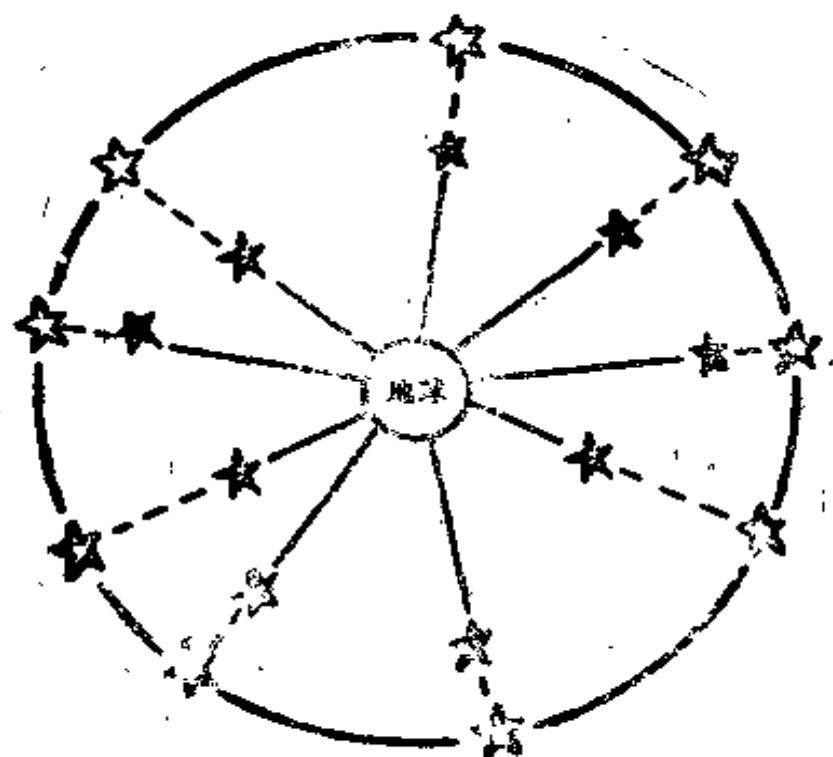


图 1—1 天球(示意图)

古代的天文学家，只用肉眼去观察星辰，他们把地球作为宇宙中心，以无限远作为半径，深远的天穹作为无限大的球形，叫做天球。日、月、星辰都投影分布在天球的内表面上（图1—1）。天文学家常利用天体投影在天球上的点与点之间的大圆弧段，来表示它们之间的位置和运动变化的关系。天球的半径无穷大，观测者的眼睛就是天球的中心。由于地球在宇宙中可以看作一个点，因此地心也可以作为天球的中心。天球是假想的，但是它对研究天文学非常有用，利用它，可以在不问天体实际距离远近的情况下，表示天体之间的相互位置，又可进一步看到这些天体在天球内表面上的视运动，从而研究它们的真实运动。所以研究天文学就要借助天球这一概念。

（二）天球上的基点和基圈

天球不是真实存在的球体，但是，天空给予人们球形的印象却是真实的。因此，天球上也有圆圈，就象地球上圆圈一样。

如图1—2所示，天球的大圆和小圆是无穷多的，地平圈、天赤道、黄道、子午圈就是大圆中的四个。地平圈就是通过地心并且垂直于当地铅垂线的平面无限扩大，同天球相割而成的天球大圆。地平圈把天球分成可见半球和不可见半球。地平圈也有两极，天顶和天底，即过观测者的铅垂线同天球相交于两点，朝上的交点叫做天顶 Z ，朝下的交点叫做天底 Z' 。天赤道就是地球赤道平面无限扩大，同天球相割而成的天球大圆。天赤道把天球分成南北两半球。天赤道的两极叫天极，即设想把地球的地轴向外延长，同天球相交于北天极 P 和南天极 P' 。黄道就是地球绕日公转轨道平面无限扩大，同天球相割而成的天球大圆。黄道的两极叫做黄极，即黄北极 K 和黄南

向南天极。点与点之间，如果某一点比另一点更加接近北天极，那么，它就位于另一点的北方。

在地球上，赤道和一切纬线都表示东西方向；在天球上，天赤道和一切赤纬圈都表示东西方向。无论是在地球或天球上，东西方向都是无限方向。

(四) 天球上的距离

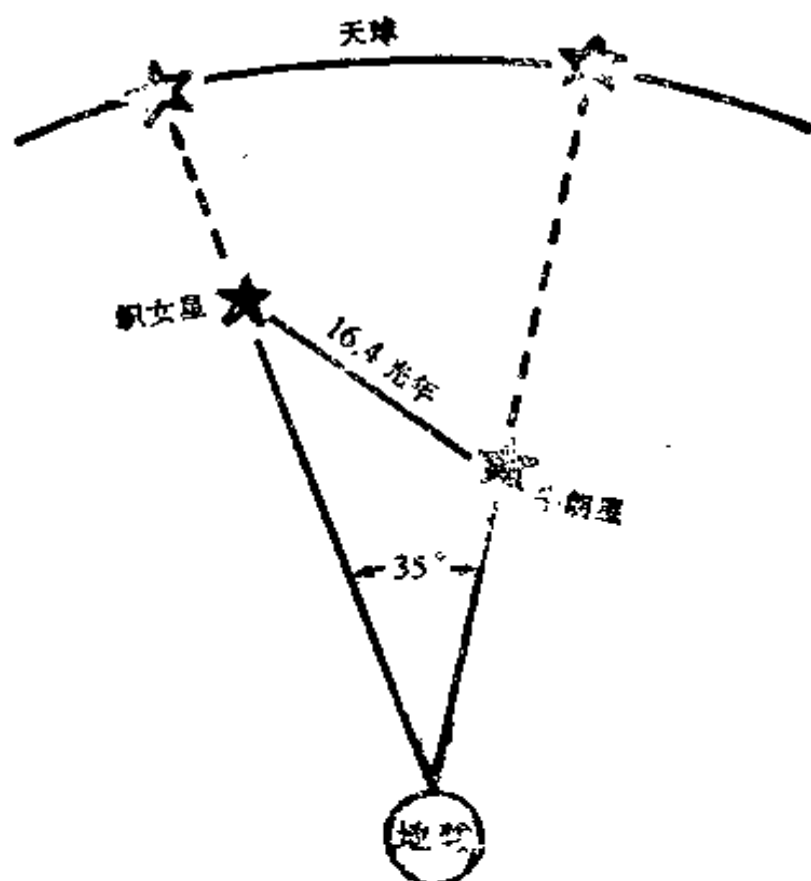


图 1—8 天球上的距离

地球上角距离，也有直线距离。但在天球上只有角距离，而没有直线距离。这是因为，天球是一个假想的球，它的半径是任意的。例如，织女星和牛郎星相距约 35° （图 1—3）。当然，在任何两恒星之间也有直线距离。例如，织女星和牛郎星相距 16.4 光年。但是，这种距离是宇宙空间

的直线距离，而不是天球上的直线距离。天球上任何一点都代表宇宙方向，任何两点间的弧，实际上就是两个方向之间的角度。

(五) 地平坐标系

如图 1—4 所示，地平坐标系是地平方位和高度两个角度来定量表述天体视位置的天球坐标系。地平坐标系有如下四个要点：

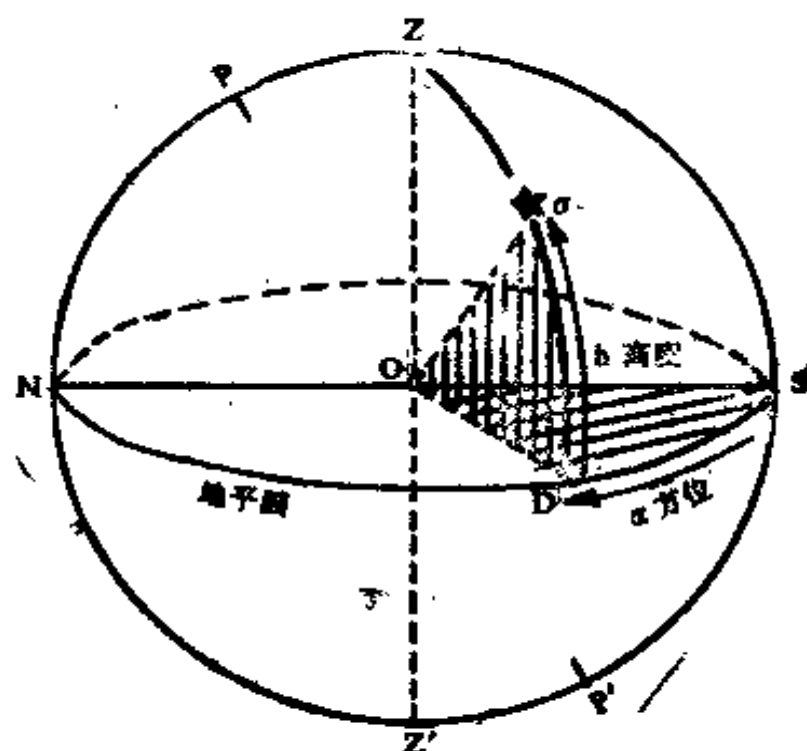


图 1—4. 地平坐标系

1. 它的基本圈是地平圈。
2. 它的原点是南点，始圈是午圈。
3. 它的纬度叫高度或高度角（记作 h ），是天体相对于地平圈上下的角距离。地平圈为起点 0° ，向上度量到天顶，为 $+90^\circ$ ，向下度量到天底，为 -90° 。天体相对于天顶

的角距离，叫天顶距，记作 Z ， $Z = 90^\circ - h$ 。

4. 它的经度叫方位或方位角（记作 A ），是天体所在的地平经圈相对于原点的方向和角距离。通常以南点为起点，向西度量，自 0° 到 360° ，南、西、北、东分别是 0° 、 90° 、 180° 和 270° （大地测量则以北为起点，向东度量，北、东、南、西分别是 0° 、 90° 、 180° 和 270° ）。

采用地平坐标系，要注意两个问题。首先，地球自转引起天体自东向西的周日视运动，使天体的高度和方位都随时间而变化。其次，地平坐标还随着观测者所在经纬度而变化。因此，记录天体位置，绘制星表都不宜采用地平坐标系。

（六）赤道坐标系

以天赤道为基圈、春分点为主点、过春分点的赤经圈为主圈的坐标系叫做赤道坐标系。春分点是太阳在春分日由天球南半球进入北半球时经过天赤道的交点，如图1—5所示，用符号 φ 表示。

从某种意义上说，赤道坐标是地理坐标的摹制品。它们的经纬网的划分完全相似。地球上的赤道，投影到天球上为天赤道；地球上的经度纬度，投影在天球上为赤经和赤纬。地理坐标的基圈是赤道，它分地球为南北半球，是纬度起算点；赤道坐标的基圈是天赤道，它分天球为南北半球，是赤纬的起算点。地理坐标的经线圈，赤道坐标叫赤经圈或时圈。

地理坐标和赤道坐标唯一不同的是：地理坐标中的纬度以赤道为界，分北纬和南纬；赤道坐标则以天赤道为界，向北为正，向南为负。地理坐标的经度以本初子午线为界，分东经和西经，各 180° ；赤道坐标则以春分圈为始圈，向东逆

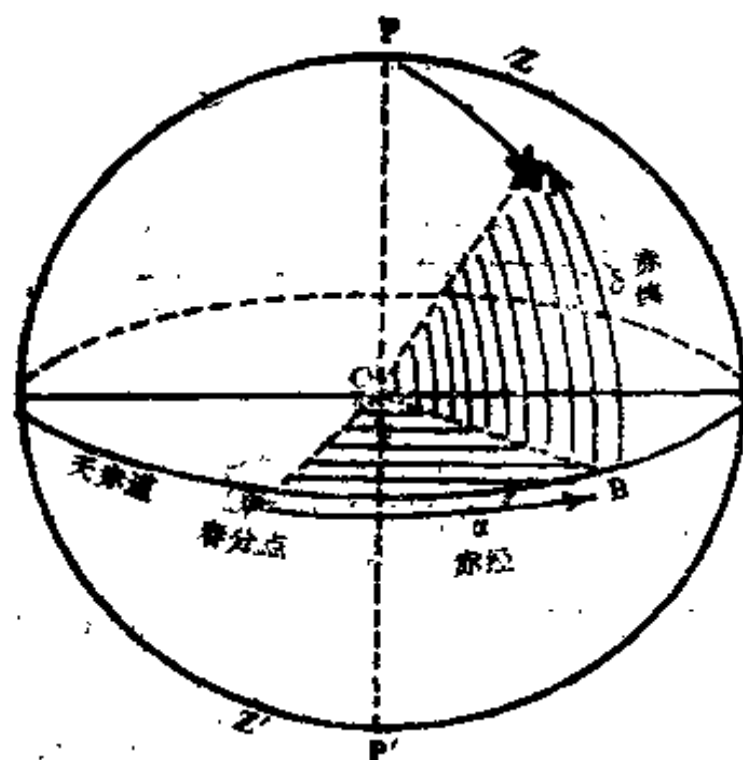


图 1—5 赤道坐标系

时针度量，自 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 或 0 时 ~ 24 时。

一个天体的赤纬 δ ，就是该天体与天赤道的角距离，沿天体所在的赤经圈度量；天体的赤经 α ，就是该天体所在的赤经圈（时圈）平面与春分圈平面的夹角，沿天赤道度量。

第二章 认 星

一、星空概述

当夜幕降临，星辰布满天空时，登高仰望这墨玉上镶嵌的点点银钉，它们三五成群地构成不同的美丽图案，不由得使你浮想联翩。你可能会问：天上的星星有多少啊？它们距离我们有多远？怎样才能识别一颗颗星星的名字呢？……。要了解这些问题，首先就让我们从认识星空谈起。

认星是学习天文知识的第一步，又是认识和研究宇宙必不可少的一种技能。不少著名的天文学家都是从认星开始，而后步入探索宇宙奥秘的伟大事业中的。天文学的发展就是从古代的人们为了确定季节和辨认方向而认识星空开始的。中国人早在三千多年前就发现每年耕种开始，“大火”星（心宿二）傍晚出现在东方。明朝郑和下西洋，借助“过洋牵星图”确定方位和航向。古埃及人根据天狼星的位置变化来确定尼罗河泛滥的时间。可见，认星是很有意义的。

我们在夜空中所看到的星星，实际上都是遥远的天体。其中用肉眼可以看到的行星只有五颗，它们是金星、木星、水星、火星和土星。其中金星是全部星空中最亮的一颗星，水星距太阳最近，是这几颗行星中最不容易看到的。

（一）星星的数目

俗话说：“天上的星星亮晶晶，数也数不清”。其实，在晴朗无月的夜晚，只要你耐心观察，仔细数一下，是可以数出星星的数目的。人们用肉眼可以看到六千多颗星星，但在我们这里由于一部分星星一直在地平线以下，所以我们并不能看到那么多，观测到的，只是地平面以上约三千颗星。随着科学技术的发展，人们借助各种望远镜来观察宇宙，目前我们看到的星星已达上亿颗了。在这么多的星星中，除了太阳系中的行星、卫星、人造卫星、流星体、彗星以外，其它绝大部分都是象太阳一样能自己发光的恒星。恒星在天空中的相对位置看起来似乎是不变的。实际上它们都以很高的速度在宇宙中运动着，只是由于离我们很遥远，短时期内难以察觉罢了。距离地球最近的恒星是比邻星，也叫南门二，它距离我们有40万亿公里。由于太远了，因而我们需要用光年来描述它们的距离。光年就是光在一年中所走过的距离。光是宇宙中走的最快的，每秒达30万公里，一年就要走9.5万亿公里。如果用光年来表示比邻星的距离，是4.3光年。这说明，我们现在看到的比邻星的光，实际上是4.3年前发出的。这段距离，一架时速为1000公里的飞机，要飞400多万年才能到达。夏季横跨银河的天鹅座，其中最亮的星叫天津四，距离我们1740光年。也就是说，我们现在看到的天津四是1740年前三国时期的模样，它现在又是什么样子呢？1740年后我们才知道。假如现在这颗星爆炸不存在了，我们还可以足足的欣赏它1740年。

（二）星 座

天上的恒星很多，古巴比伦和希腊人为了认星方便，把分布在星空中的亮星，按照它们排列的形状，分为若干区域，并联想为器具、动物和人的形象，附以故事传说。这些

区域称为星座，就好象一个国家分成好些省、市一样。公元二世纪，希腊天文学家已经把北部天空的星座名称大体上确定下来了。南部天空的星座一直到十七世纪环球航行成功后，再经过航海家观察才逐渐确定下来。1928年国际天文学联合会公布了88个星座方案，其中北天星座有29个，南天星座有47个，黄道星座有12个。并且规定星座的分界线大致用平行天赤道和垂直天赤道的弧线。

（三）三垣二十八宿

我国早在三千多年以前就把天空分成二十八宿，后来经过不断的补充和发展，到了唐代才完备地成为三垣二十八宿，三垣是紫微垣、太微垣、天市垣。垣是城墙的意思，三垣的各区域都有东西两藩星，围成墙垣的形式，所以叫做三垣。其中紫微垣是三垣的中垣，位居北天中央位置，包含现代国际通用的小熊、大熊、天龙、猎犬、牧夫、武仙、仙王、仙后、英仙、鹿豹等星座，即大体相当于拱极星区域。

太微垣是三垣的上垣，在现在每年六月中旬晚上八点半前后可以看到它在紫微垣的西南方向，约占天空63度的范围，位于北斗七星的南方，它包含室女、后发、狮子等星座的一部分。

天市垣是三垣的下垣，它在紫微垣的东南方向，约占东南天空57度的范围，包含天鹰、武仙、巨蛇、蛇夫等星座的一部分。

二十八宿又名二十八舍或二十八星。最初是古人为比较和记录日、月、五星的位置和运动而选择二十八个星区，作为观测时的标志，“宿”或“舍”都有停留的意思。二十八宿的名称，按照日、月、视运动的方向，自西向东的排列顺序是：

东方七宿：角、亢、氐、房、心、尾、箕；

北方七宿：斗、牛、女、虚、危、室、壁；

西方七宿：奎、娄、胃、昂、毕、觜、参；

南方七宿：井、鬼、柳、星、张、翼、轸。

二十八宿是把沿着黄道和赤道附近的星象划分为二十八个不相同的部分，每一部分就叫作一宿，分别以东、西、南、北四个方位，青、红、白、黑四种颜色，以及龙、鸟、虎、玄武（龟蛇）几种动物形象相配，称作四象。

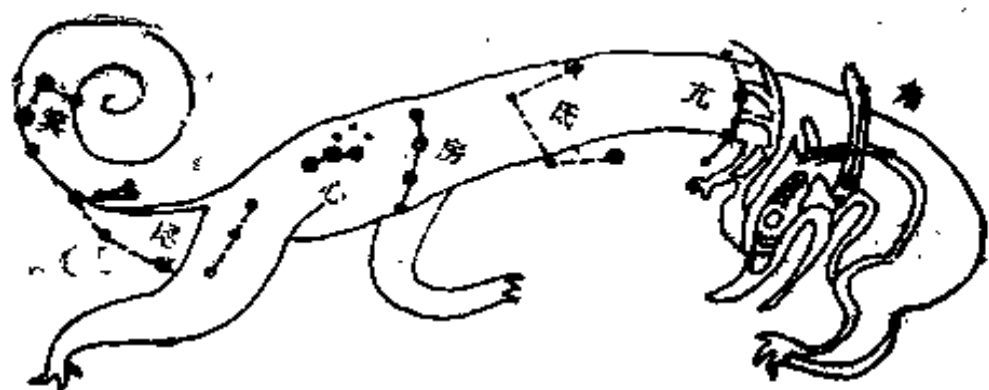


图2-1 四象之一（东方青龙）

东方七宿对应青色，青龙（苍龙），称苍龙七宿（图2-1）。



图2-2 四象之一（南方朱雀）

南方七宿对应红色，朱雀，称朱雀七宿（图2—2）。

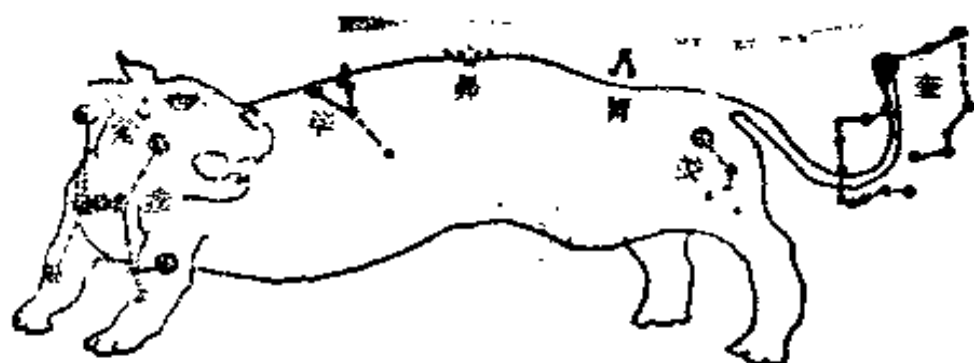


图2—3 四象之一（西方白虎）

西方七宿对应白色，白虎，称白虎七宿（图2—3）。

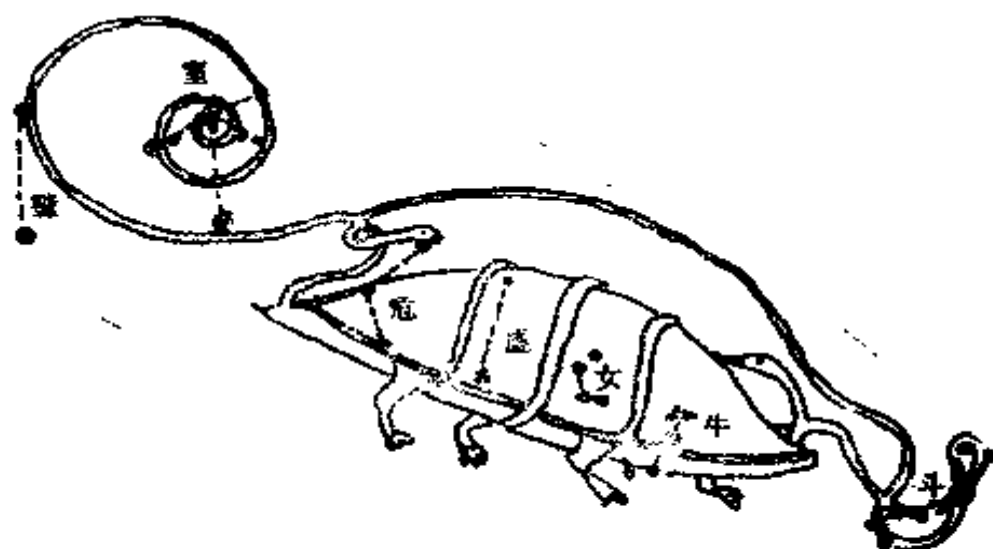


图2—4 四象之一（北方玄武）

北方七宿对应黑色，玄武（龟蛇），称玄武七宿（图2—4）。

还有一种说法同季节特征有关，例如朱雀七宿黄昏时在南方正好是春季，鸟是春天的象征。在没有历法的原始社会，鸟的出现往往就是春天来临的信号，并把春天初昏时南中天的恒星想象作一只大鸟的形象。

二十八宿的选取由于古代是凭肉眼直接观测，所以必须选取较为明亮的星象为标志。在每一宿中选取一个星作为测量的标准，这颗被选定的星叫距星。

表 2—1 二十八宿的距星

东方七宿	距 星	西方七宿	距 星
角	室女座 α	奎	仙女座 η
亢	室女座 κ	娄	白羊座 α
氏	天秤座 α	胃	白羊座 β_5
房	天蝎座 π	昂	金牛座 17
心	天蝎座 σ	毕	金牛座 ϵ
尾	天蝎座 μ_1	觜	猎户座 λ
箕	人马座 γ	参	猎户座 s
北方七宿	距 星	南方七宿	距 星
斗	人马座 φ	井	双子座 μ
牛	摩羯座 β	鬼	巨蟹座 θ
女	宝瓶座 ϵ	柳	长蛇座 δ
虚	宝瓶座 β	星	长蛇座 α
危	飞马座 α	张	长蛇座 v_1
室	飞马座 α	翼	巨蟹座 α
壁	飞马座 γ	轸	乌鸦座 γ

(四) 星 名

每一颗恒星都有一个代号。较早的时候，天文学家是以星座加字母的方法给亮星命名，即在每一个星座中，按恒星的亮度，顺序标以小写的希腊字母 α 、 β 、 γ ……。例如，金牛座 α ，即表示金牛座中最亮的星。24个希腊字母用完后，就用拉丁字母。如遇几颗星亮度大体相同，那么，就按神

话中的图形，从头至尾来标字母。这里还要提一下，有时我们观星时会发现，有的星座中， β 或 γ 星反而比 α 星亮，这是怎么回事呢？每个星座的恒星，大体上是依据星的亮度等级，按希腊字母顺序来命名，但由于特殊原因，也有少数例外。例如：北斗七星内七颗亮星，是从斗口开始，顺着斗柄按希腊字母，由 α 到 η 来排列，而不按亮度等级来命名。这样，北斗七星中最亮的是 ϵ 星，而不是 α 星。又如双子座 α 星（中名北河二），是2等星；可是 β 星（中名北河三）反而是1等星。这是历史延续下来的，我们只能沿用原来的星名，不能做临时修改。

在编排星名时，字母的数量总是有限的，后来便改用数目字编号的办法，即把一个星座中的恒星，按照自西向东的顺序进行编号。如大熊座80，就是大熊座第80号星。这个办法可以给大量的恒星命名。

现在，一般所用的星图中，上述两种办法兼用。通常以字母表示亮星名称，以数目字表示暗星的名字。我国古代按星宫系统进行编号。如织女一、河鼓二、南河三、天津四、毕宿五等是中国的专用名称。

（五）星 等

天体亮度的等级叫星等。天上星星，有亮有暗，人们根据星星的亮暗程度划分等级，星越亮，星等的数字越小。古希腊天文学家喜帕恰斯最早将天上恒星按视亮度分成等级。最亮的恒星称为“1等星”，次亮的恒星称为“2等星”，依次类推，肉眼看见的最暗的恒星为“6等星”。后来英国天文学家赫歇尔父子两人倡议并通过实测逐步发现；最后由英国天文爱好者普森加以归纳，建立了光度和星等之间的关系，即：“1等星”比“6等星”约亮100倍。因此规定，每

表2—2 希腊字母表

大写	小写	读 音		
		英 文	国际音标	中 文
A	α	alpha	[ˈa:lfe]	阿耳法
B	β	beta	[ˈbeite]	贝塔
Γ	γ	gamma	[ˈga:mə]	伽马
Δ	δ	delta	[ˈdelte]	德耳塔
E	ε, ε	epsilon	[ˈepsilon]	厄普西隆
Z	ζ	zeta	[ˈzeite, zi:tə]	截塔
H	η	eta	[ˈeite]	爱塔
Θ	θ, θ	theta	[ˈθi:tə]	西塔
I	ι	iota	[aiˈoute]	育塔
K	η, κ	kappa	[ˈkæpe]	卡帕
Λ	λ	lambda	[ˈlæmde]	兰姆达
M	μ	mu	[mju:]	缪
N	ν	nu	[nju:]	纽
Ξ	ξ	xi	[ksai, ksi:]	克西
Ο	ο	omicron	[ouˈmi:krən]	奥米克隆
Π	π	pi	[pai]	派
P	ρ	rho	[rou]	洛
Σ	σ	sigma	[ˈsigme]	西格马
T	τ	tau	[tə:]	套
Υ	υ	upsilon	[ˈju:psilen]	宇普西隆
Φ	φ, φ	phi	[fai, fi:]	斐
Χ	χ	chi	[kai:]	克黑
Ψ	ψ	psi	[psai, psi:]	泼西
Ω	ω	omega	[ˈeumige]	奥米伽

相差1等，亮度相差2.512倍，也就是1等星的亮度是2等星的2.512倍，……，这样一来，1等星的亮度恰好等于6等星的100倍。为了精确比较，又使用了带小数的星等。对于比1等星还亮的星，采用了0等和负等星，它们每两星等之间，亮度之差也为2.512倍，按这样定义的星等，仍属于目视星等。如织女星是0.0等，天狼星是-1.4等。行星中金星最亮时是-4.5等。满月是-12.7等，太阳是-26.7等。现在最大望远镜目视可看到21等的星，用照相方法可以看到23.1等的星。

（六）星 区

每当晴朗的夜晚，抬头仰望，满天星斗尽收眼底，使人眼花缭乱。可是，怎样在星空中寻找一颗你要找的星星呢？一个行之有效的方法是划分星区，简化星空。

星区是按照赤经和赤经圈（时圈）划分的。我们知道：天球的赤经可类比于地球上的经度；天球上的赤经圈可看成相应于地球上的经线圈，因此它们都同赤道平面有关。在天文学上，赤经通常以1时表示 15° ，以6时表示 90° 。赤经圈因赤经而不同。其中，通过春分点的赤经圈称为春分圈；通过夏至点、秋分点和冬至点的赤经圈，分别称为夏至圈、秋分圈、和冬至圈。这四个赤经圈，相隔各 90° ，把天赤道分成四等分。因此，只要把这四个赤经圈看成四条中心线，就可以把全天星图等分成四个星区（图2—5）。

每一星区各以接近天北极的主要星座命名，称仙后星区、御夫星区、大熊星区和天琴星区，或简称“后、御、熊、琴”。为了表示各个星区内主要星座和亮星的相对位置，还可以利用天赤道和中央时圈，把每个星区划分为东北、西北、东南、和西南四个部分。

表 2—3 21颗亮星表

星名	中名	赤经时分	赤 纬	星 等	距 离 (光年)	颜 色
波江 α	水委一	1 37	- 57 20	0.5	118	青白
金牛 α	毕宿五	4 34	+ 16 29	0.8	68	橙
猎户 β	参宿七	5 14	- 8 13	0.1	900	青白
御夫 α	五车二	5 15	+ 46 00	+0.1	45	黄
猎户 α	参宿四	5 54	+ 7 24	0.4	520	红
船底 α	老 人	6 23	- 52 41	- 0.7	约200	白
大犬 α	天 狼	6 44	- 16 37	- 1.4	8.7	白
小犬 α	南河三	7 38	+ 5 18	0.4	11.3	淡黄
双子 β	北河三	7 44	+ 28 05	1.2	35	橙
狮子 α	轩辕十四	10 07	+ 12 04	1.3	81	青白
南十字 α	十字架二	12 25	- 63 00	0.8	370	青白
南十字 β	十字架三	12 46	- 59 23	1.3	190	青白
室女 α	角宿一	13 24	- 11 03	1.0	220	青白
半人马 β	马腹一	14 02	- 60 16	0.6	490	青白
牧夫 α	大 角	11 14	+ 19 20	- 0.1	36	橙
半人马 α	南门二	14 39	- 60 46	- 0.3	4.3	黄
天蝎 α	心宿二	16 27	- 26 24	0.9	520	红
天琴 α	织女一	18 36	- 39 02	0.0	26.5	白
天鹰 α	河鼓二	19 49	+ 8 48	0.8	16.0	白
天鹅 α	天津四	20 40	+ 45 12	1.3	1740	白
南鱼 α	北落师门	22 56	- 29 43	1.2	22.6	白

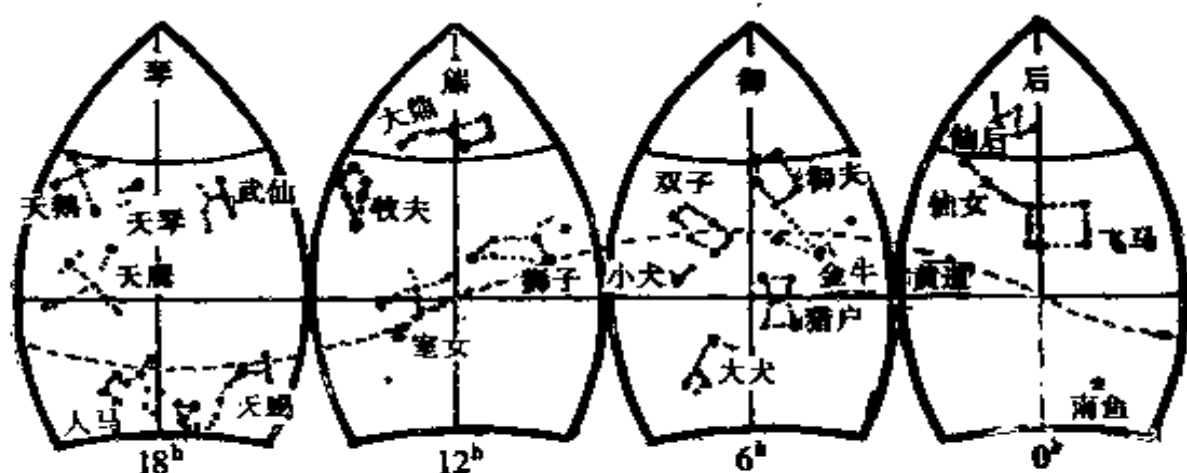


图2—5 分区星图

各个星区的主要星座及亮星的位置如下：

1. 仙后星区 除了仙后座外，有飞马座大四边形居于本区中部。四边形的东南角接近春分点；沿四边形的两边向南延伸，直指亮星北落师门（南鱼 α ）；

2. 御夫星区 除御夫座外，有金牛座、双子座、猎户座、小犬座和大犬座。本区计有七颗1等星，几乎集中了北半球天空中亮星的半数，群英荟萃，亮星云集，是全天最壮丽的星区；

3. 大熊星区 除大熊座外，有牧夫座、狮子座和室女座。本区有三颗1等星。东部有角宿一和大角分居天赤道南北，西部有轩辕十四；

4. 天琴星区 除天琴座外，有天鹰座、天鵝座和天蝎座。本区有四颗1等星。东北方有牛郎星、织女星和天津四，西南方有称“大火”的心宿二。

二、北天极附近的星空

（一）北斗七星

北斗七星是大熊星座（图2—6）的一部分，大熊座每天晚上都出现在北方天空中，是北极区最明亮、最重要的星座，从很古远的时候起，就为生活在北半球的人们所熟识。大家都知道“北斗七星”就是大熊座中最引人注目的七颗亮

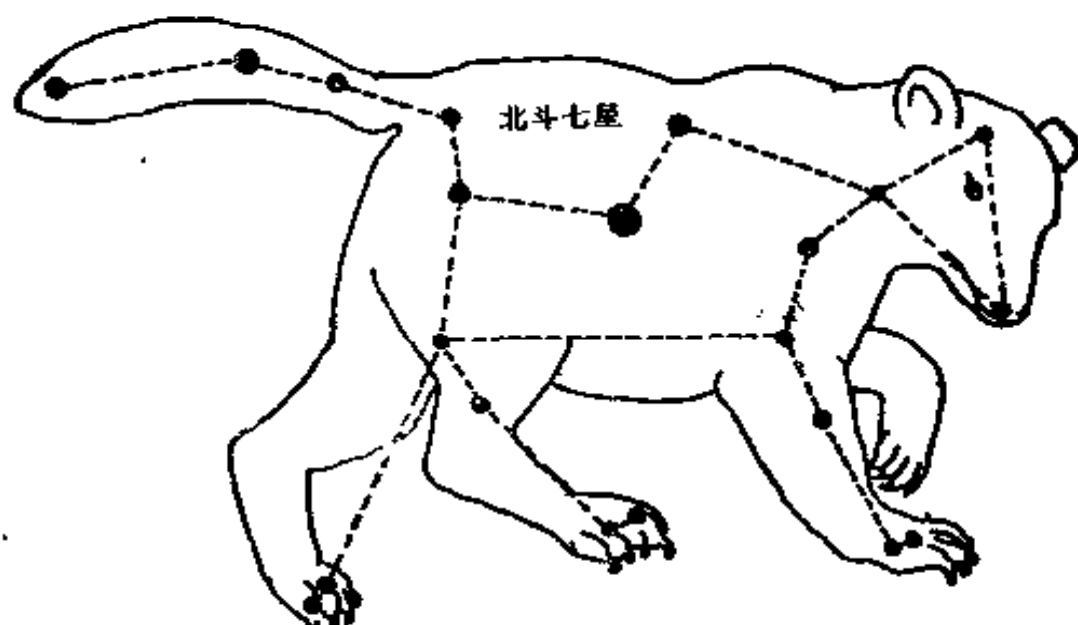


图2—6 大熊在天空的形象

星，它是由六颗2等的 α 、 β 、 γ 、 ϵ 、 ζ 、 η 星（天枢、天璇、天玑、玉衡、开阳、摇光）和一颗3等的 δ 星（天权）组成一个大勺子的形状，悬挂在北天高空。它很象古代量粮食用的斗。把勺子前端两颗星（天枢、天璇）联起来，向勺口方向延长大约5倍远，有一颗较明亮的星在闪闪发光，那便是北极星了，如图2—7所示。由于勺子前端的这两颗星在天空不论走到哪，顺着它们的连线都能找到北极星，所以被人们称

为“指极星”。

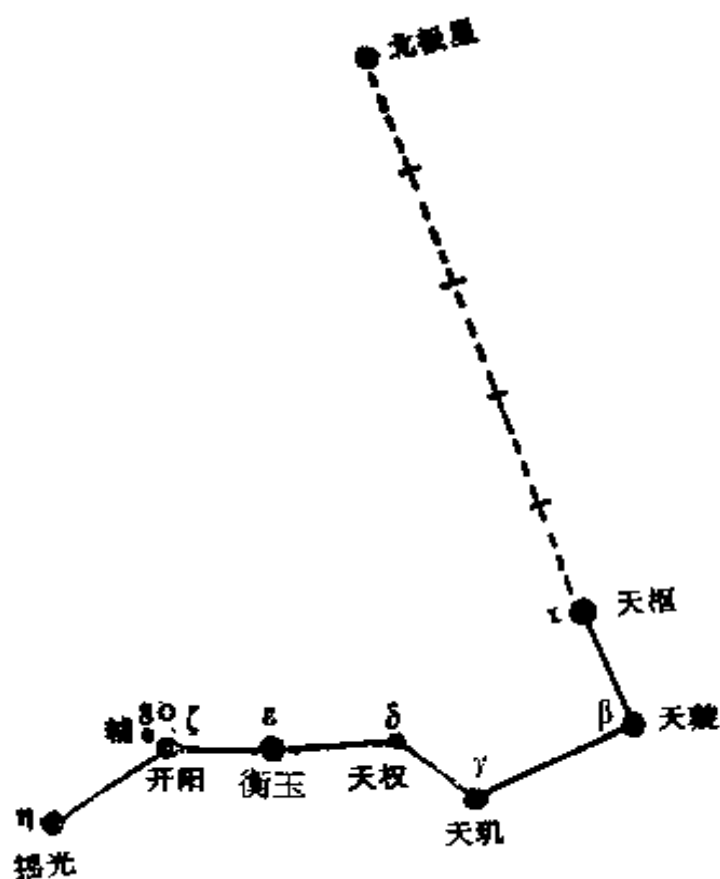


图2—7 北斗七星和北极星

我们只要找到北极星就能确定正确的方向，北斗七星可以说是我们定方向的天然向导。在仪表落后的过去，人们在大海中航行，在森林、沙漠和旷野上旅行，都求助于它们来指示方向，就是在科学发达的今天，人们在日常生活中仍经常通过它们来判断方向。我们要认识星空，最好从这个星座开始。

北斗七星不但是指示方向的天然向导，也是古人判定一年四季的天然历书。古时以黄昏时斗柄的指向来定季节。汉代的《鹖冠子》一书中记载：“斗柄指东，天下皆春；斗柄

指南，天下皆夏；斗柄指西，天下皆秋；斗柄指北，天下皆冬。”这叫做“斗柄授时”。斗柄中间的开阳星附近，有一颗4等暗星是大熊座80星（辅），晴朗无月的夜晚，眼力好的人能清楚的看到。开阳和辅是少有的用肉眼可以直接分辨出来的双星，如果用小型望远镜还可以看到开阳本身又是一对双星。

（二）北极星

北斗七星是大熊星座的一部分，北极星则是小熊星座中的亮星。它和另外六颗不太亮的星也组成一个小斗的形状（图2—8）。北极星是一只小熊的尾巴尖，你必须有丰富的想象力才能把这只小熊画出来。古代希腊神话中说，大熊原是一位美丽的姑娘，因得罪了女神而被变成一只熊。有一次她忘记自己变成熊身，想去亲近自己的儿子，不知情的儿子却对她举起标枪（图2—9），天神不忍看到这一悲剧的发生，就把她的儿子变成小熊一齐放到天上。直到今天大熊还是围绕小熊转圈子。

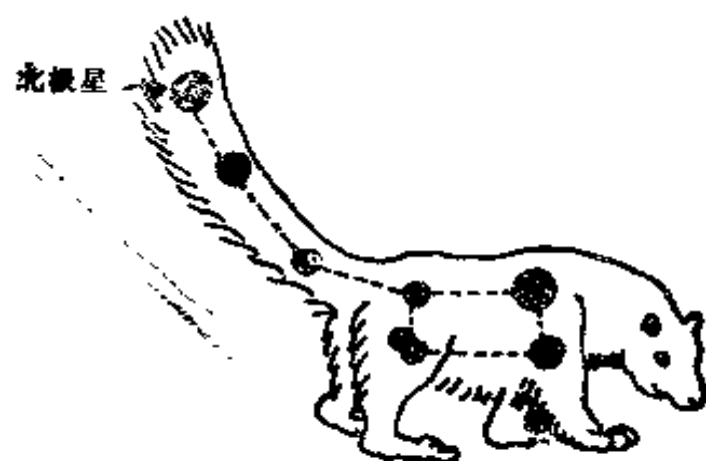


图2—8 小熊在天空的形象

北极星是小熊座的 α 星。它的亮度为2等，周围没有其它亮星，很容易找到。北极星的赤纬是 $89^{\circ}01'44''$ ，十分靠近



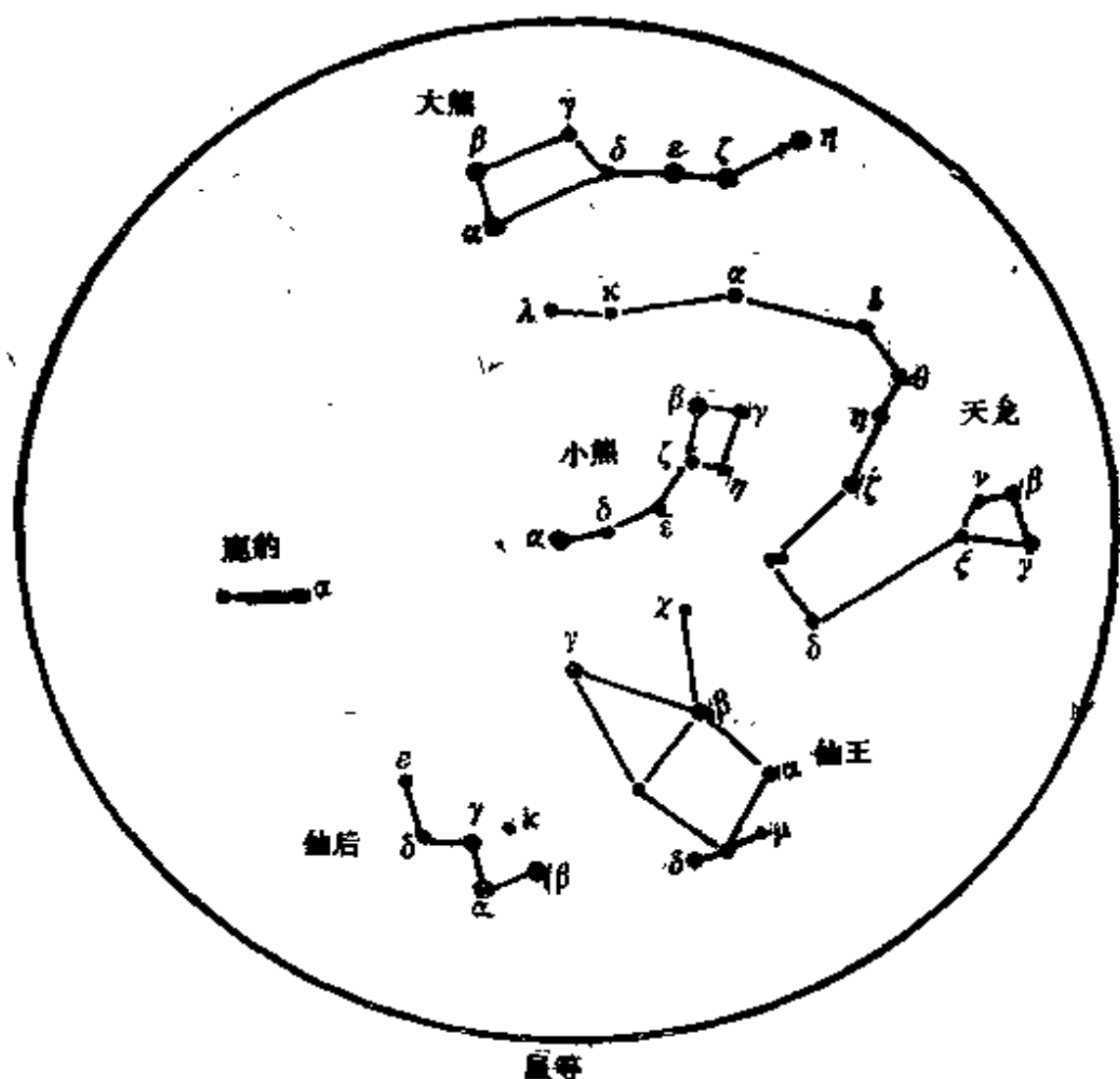
图2—9 大熊想去亲近她的儿子

北天极，只要你能站在地球的北极上，它就正好对着你的头顶，永远也不移动。所以成为在北半球认星定方向、定地理纬度的重要观测目标。自古以来，人们就十分敬仰它，我国古代甚至把当时的北极星，视为帝王的象征。北极星也是一颗双星，它的“伴星”很暗，不容易看到。

（三）拱极星座

拱极是紧紧环绕着天极的意思。北天极附近的星座统称拱极星座（图2—10）。对中纬度地区来说，拱极区是以北极星为中心，半径约等于当地地理纬度这样大的范围内所包括的星座。拱极星座由大熊、小熊、天龙、仙王、仙后、鹿豹这六个星座组成。

其中天龙座弯弯曲曲形象好似一条腾空而起的蛟龙（图



● 1 ● 2 ● 3 ● 4 ● 5

图2-10 拱极星座

2-11), 尾巴在大熊 α 星附近; 龙身以“S”形盘旋在大熊、小熊和武仙座之间; 龙头由 γ 、 β 、 μ 、 ν 、 ξ 五颗星组成。希腊神话中说, 这条巨龙便是守卫在战神阿瑞斯圣林橡树下, 保护着金羊毛的巨龙。因为金羊毛被大英雄伊阿宋取走, 才升上天空成为天龙座。如今它在天空上仍不失其在下界的本色, 依然是蜿蜒盘曲, 永远高昂着它那从不低垂的头, 终年绕着北极转动, 永远也不沉到地平线之下。

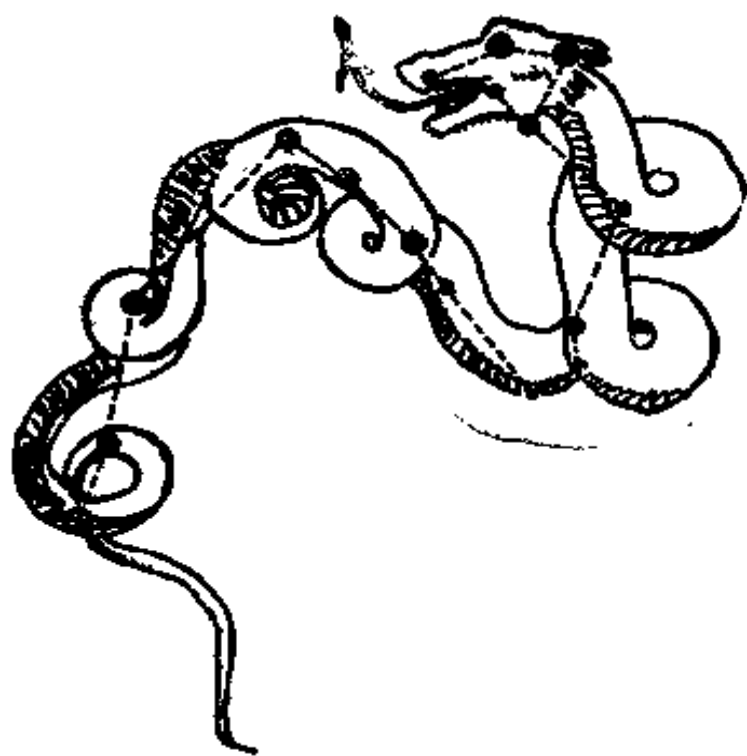


图2—11 蜿蜒盘曲的天龙



图2—12 威严的国王

天龙座的东边是仙王座，它大部分沉浸在银河之中，由几颗暗星组成一个五边形，很容易辨认。整个星座描绘出一个站在北极附近的威严的国王形象（图2—12）。仙王座中虽然没有亮星，但是却有著名的脉动变星仙王座 δ 星，它的中国名字叫造父一。它的亮度变化是由于本身的膨胀和收缩造成的，膨胀时亮度增加，收缩时亮度减小。因此，这种变星叫“脉动变星”。

仙王座的东边是仙后座。
仙后座中的几颗亮星组成的形状很象汉语拼音W的形状，在星空中很引人注目，就象一张华贵的座椅，靠背向后倾斜着，尊贵的王后在椅子上安坐着（图2—13）。神话中说，仙王、仙后这两个星座是非洲埃塞俄比亚的国王和王后变成的。



图2—13 尊贵的王后

四百年前，在仙后座发生过一次超新星爆发，出现了一颗白天可见的新星，它最亮时比金星还亮。这颗星出现三周以后开始慢慢变暗，先是变成木星的颜色，然后是火星的颜色，一年后变为5等星亮度，十七个月后肉眼就看不到它了。但是三百八十年后，在这个位置上又发现了一个强有力的射电源，称为仙后座B射电源，是超新星爆发后的残余。

当仙后座升起来时，大熊座“北斗七星”便在北极星的下面，不太好找。这时人们常利用仙后座来寻找北极星。方法之一是先找到仙后座中最亮的 α 星（王良四），它前面有一颗不太亮的K星（王良二），这两颗星的连线大约五倍处的亮星就是北极星（图2—14）；方法之二是沿仙后座开口方向望去，大约是开口处两星距离的两倍远有一颗亮星，那就是北极星。

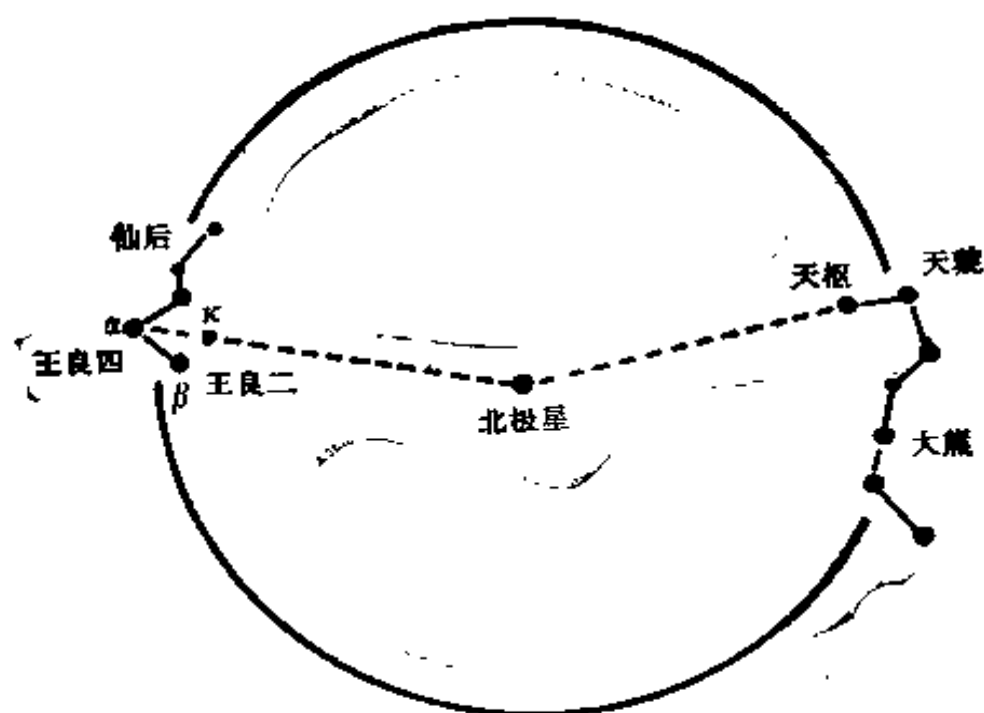
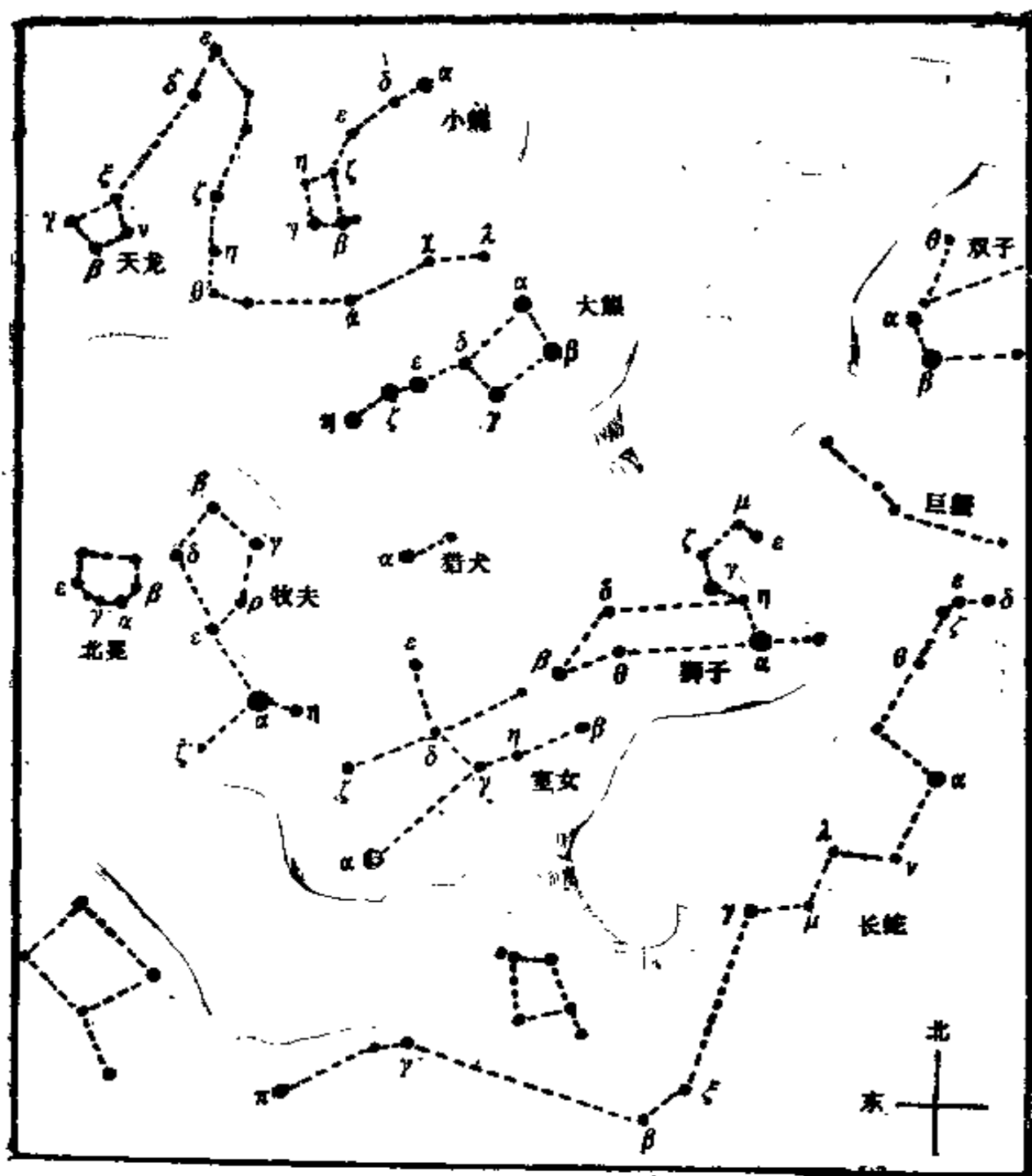


图2—14 由仙后座找北极星

三、春季星空

春天是万物复苏、鸟语花香、风和日丽的季节，春夜的星空也显得十分瑰丽迷人。大熊星座的北斗七星高悬在头顶上空，它的斗柄指向东方，表示春天的降临。顺着天枢、天璇向北望去，北极星在闪闪发光，给人们指引着方向。一条巨龙，头朝东尾朝西蜿蜒盘旋在大小两熊之间，这就是著名的天龙座。再顺着天枢、天璇向南望去，大约七倍远处是以九颗亮星组成的狮子座（图2—16）。它是最壮丽的星座之一，也是春夜星空中的主要角色。其中六颗星组成一把大镰刀的图形，也象一个反写的大问号（？），这象征着狮子的



星等 ● 1 ● 2 ● 3 ● 4 ● 5

图2-15 春季的主要星座

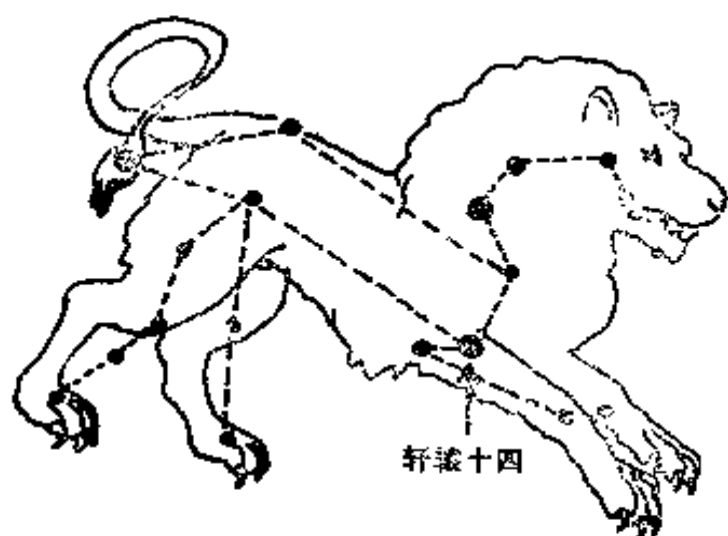


图2-16 雄壮的巨狮

头和前身；在它的东面有三颗星组成一个三角形，象征着狮子的后身。整个星座看上去确实象一只雄壮的巨狮。古希腊神话中，狮子座原是一只猛狮，一位勇士降伏了它，后来它被带到天上，就成为现在威风凛凛的狮子星座。

大问号下面的那一点，是狮子座的主星 α ，中名叫轩辕十四，亮度1.3等，是全天二十一顆亮星之一。它的位置几乎是跨在黄道上，古今中外都十分器重它。三千年前，巴比伦人叫它“国王”，印度人叫它“伟大者”，波斯人叫它“中心者”，都把它看作是支配天下万事的大星。

狮子座的东邻是一个大星座，叫室女座（图2-17）。座内有一颗青白色的亮星在闪闪发光，它就是室女座 α 星，中名角宿一，亮度1等。除角宿一外室女座没有其它亮星，整



图2-17 庄严的女神

个星座呈“土”字形，角宿一位于土字下面一横的东端。室女座被想象为一位生有翅膀的女神，她手里拿着一束麦穗，身披着长衫，两肩上长着美丽的双翼。

室女座虽然是一个大星座，但是除了 α 星（角宿一）是1等亮星以外，其它星都不怎么耀眼；有四个3等星，其余都是4等以下的暗星。室女座内有一个著名的星系团，由2500个星系组成，距离我们约3800光年，是北天离我们最近的一个星系团。它里面有一个迄今为止已知质量最大的星系M87，它还是一个强的射电源和X射线源。

室女座的上方有牧夫座、猎犬座、以及后发和小狮两个小星座。牧夫座有一颗橙红色的亮星 α ，中名叫大角，亮度1等，是春夜天空中最亮的一颗星。它和室女座 α 星（角宿一）、狮子座 α 星（轩辕十四）组成春夜空中壮丽的大三角形，被人们称为“春季大三角”。

牧夫座中另有五颗暗星组成一个五边形，加上大角，很象一个夜空中的大风筝，大角就好象是挂在风筝下边的一盏明灯。古希腊神话把牧夫座想象为一个英勇的牧人（图2-18），右手拿着一支长矛，左手牵着猎犬追赶

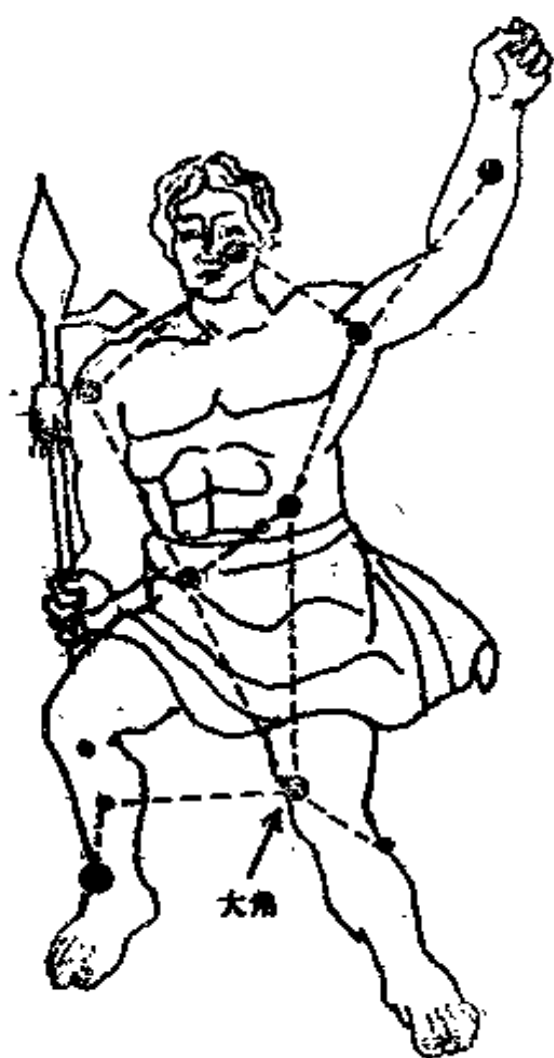


图2-18 追赶大、小熊的牧人

着前面的大熊和小熊绕着北极旋转。



图2-19 七颗宝石镶成的王冠

紧靠牧夫座的东边，有七颗暗星排列成一个半环形，开口对着东北方，形似一串珠子，这就是北冕座（图2-19）。古人把它想象为一顶王冠。我国民间还把这一串星起名为天上的八角琉璃井。

传说西王母上井打水踩掉了一个角，剩下七个角。

长蛇座也是春夜星空的主要角色。它位于狮子座的南边，是全天最大、最长的星座（图2-20），长度占了大半个夜空。长蛇座虽然很长，但除 α 星外，再没有亮星，很不



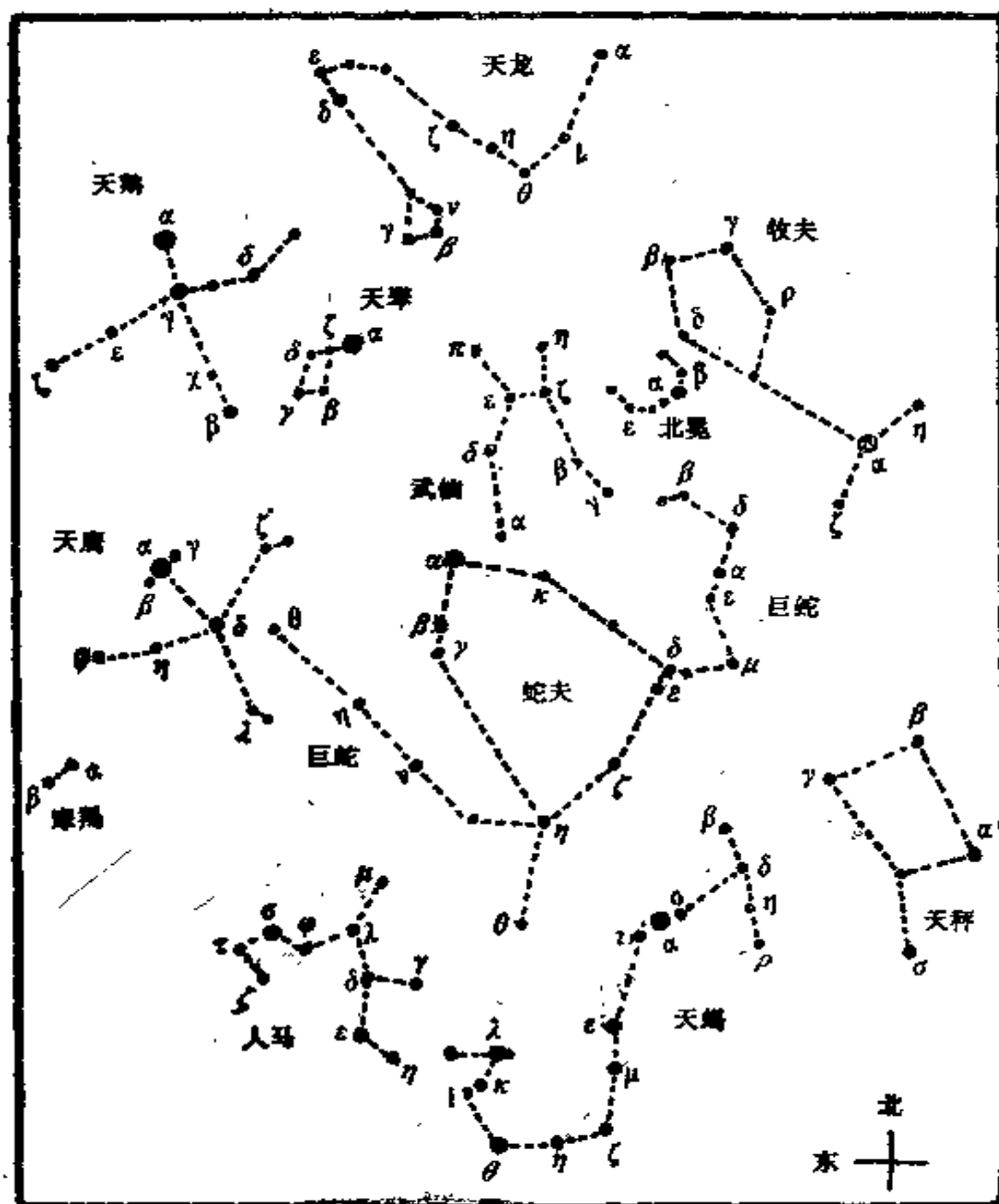
图2-20 长蛇座与它周围星空的想象图形

引人注目。在长蛇的背上，巨爵座与它很巧妙地连接着，好象故意将大钵放在它身上；在长蛇的尾上，有一个乌鸦（乌鸦座），正在不停地用嘴啄它。

此外，春夜星空还有巨蟹座、天猫座、六分仪座等，但由于这些星座无亮星，都不太容易辨认。

随着时间的流逝，春季星座向我们告别，我们又迎来了最富有诗意的夏夜星空。

四、夏季星空



星等 ● 1 ● 2 ● 3 ● 4 ● 5

图2-21 夏季的主要星座

告别了春天，地球载着我们来到夏天。夏夜是一年中最好的看星季节。当我们送走了白天的烈日骄阳，在夜幕下，边乘凉，边观星，这是多么令人心旷神怡和富有诗意。

仲夏之夜，满天闪烁着灿烂的繁星，十分热闹。北斗七星在西北方向的半空中，斗柄指向南方，告诉人们夏季已经来临。轻纱般的银河象瀑布一样横跨天穹南北，银河东边是展翅遨翔的天鹰，隔河相望的是轻轻弹拨的天琴；银河中间有引颈南飞的天鹅；南方低空是刚要爬上银河的蝎子，对岸是弯弓瞄射蝎子的人马。它们与银河交相辉映，使星空显得更为绚丽多彩。你想在夜空中寻找它们吗？下面我们从天鹅座找起。

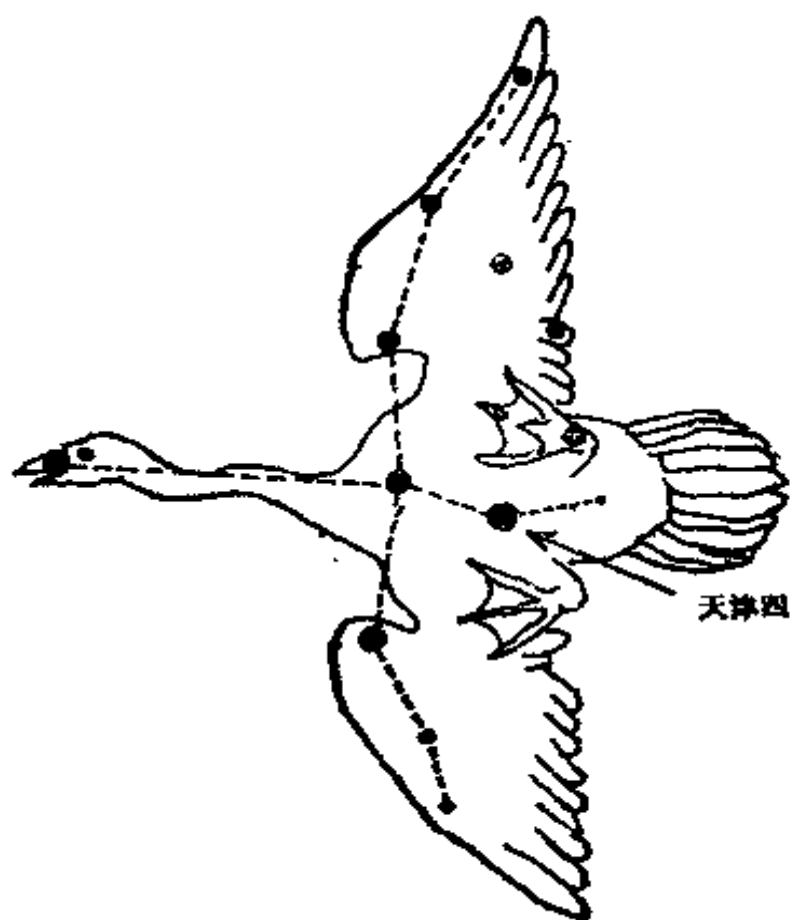


图 2—22 天鹅飞翔在银河之中

天鹅座（图2—22）位于银河的北段中，从银河的背景中可以看到有五颗亮星组成一个十字架形，形如天鹅伸长颈、张双翼飞翔在银河面上。其中最亮的 α 星为白色1等星，中名天津四。我国古代把这个星座看作是一个平底船，所以叫做“天津”，意即天河（银河）中的渡船。

天津四距离我们为1740光年，是一颗超巨星，它实际上放射着比太阳强烈5000倍的光。在这颗星周围，有以每秒100公里的速度膨胀的气体云形成的包围圈。天津四再过8300年距离天球的北极点仅仅6.6度，是最靠近北极的一颗亮星了，那时它将成为“北极星”。

在银河西岸有一颗发白色光的亮星，它附近由四颗暗星组成一个小小的棱形，这便是天琴星座（图2—23）。天琴 α 星是明亮的0等星，在北天它是最亮的一颗，人们称它为“夏夜女王”。

天琴座的来历和希腊神话有关。据说琴手奥非斯的琴声非常美妙，能够感动冥府的神，后来他的琴便被移上天空成为天琴座。天琴 α 星我国叫织女星，那个小棱形是织女在天上织布用的梭子。她一边织布，一边抬头深情地望着银河东岸的夫君牛郎和他们的两个孩子。银河对岸与天琴 α 隔河相望的是天鹰 α （图2—24），我国叫牛郎星。它两旁各有一颗暗星，三颗星合起来民间叫做“扁担星”这便是牛郎和一双儿女。他们是天鹰座的主星。

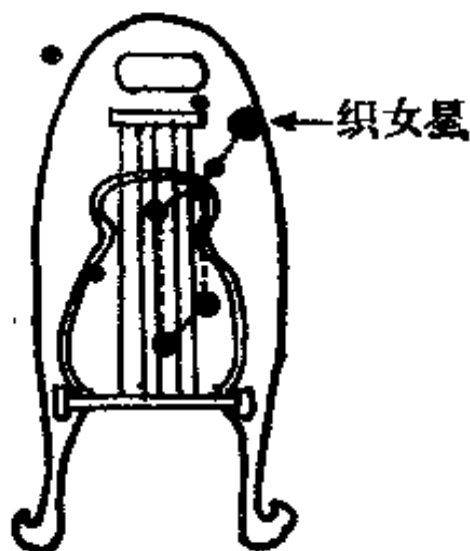


图2—23 奥非斯的宝琴

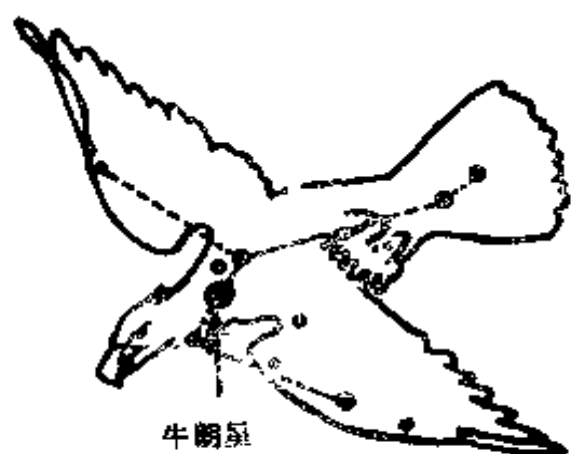


图 2—24 天鹰座想象图形

民间神话中说，每逢农历七月初七，牛郎、织女鹊桥相会。神话故事的确优美动听，但实际上却是不可能的。根据天文测量知道，牛郎星和织女星相距太远了，它们之间电报联系一次，来回要花上32年，而电报的传递速度是每秒钟30万公里，请你算一算，这有多远啊！

牛郎星、织女星、天津四这三颗星组成一个美丽的三角形，这便是著名的“夏季大三角”。顺银河南下，在南天低空有一群亮星组成一个大蝎子的模样，它是夏夜星空的主要角色天蝎座（图 2—25）。

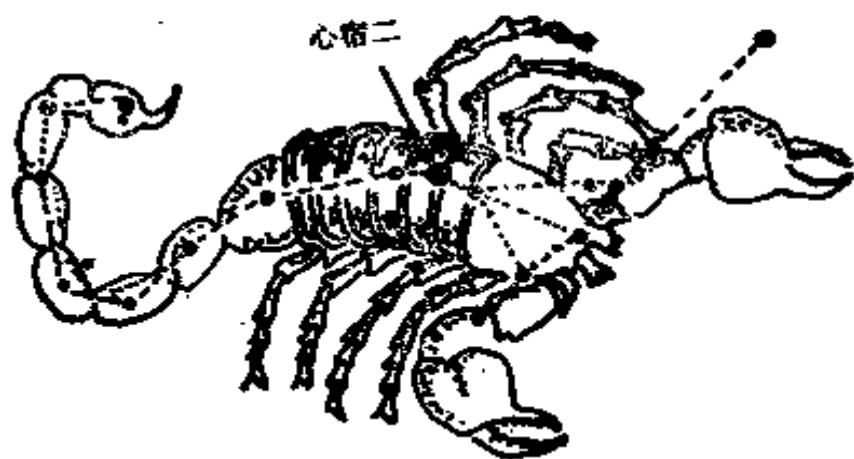


图 2—25 巨大的天蝎

天蝎座是夏天最美丽的星座，希腊神话传说：由于猎户奥利翁得罪了女神希拉，女神就派天蝎螫死了猎户。从此，天蝎和猎户结下了仇恨，永不相见。天蝎座夏夜出现，猎户座则出现在冬天的夜晚。

天蝎座主星 α ，恰好位于天蝎的胸部，因而称为“天蝎之心”。它是一颗很容易辨认的火红色1等亮星，中名心宿二，也叫大火。它的直径比太阳直径要大出600倍，如果把地球比作一粒小米，太阳就好象是直径10厘米的球，而心宿二就是直径60米的大球。它的密度不到太阳密度的500万分之一，是一颗红色超巨星。如果用望远镜观察，会发现心宿二还是颗脉动变星，有一颗伴星绕它转。它的变化原因是星体周期性的膨胀和收缩。

在天蝎座的东方有一群密集的亮星，组成人马座（图2—26）。它是神话中半神半怪的马人喀戎在天上的形象。人马座东边的六颗星构成一个小斗形，统称南斗六星。人马座附近的银河区域是整条银河最明亮的部分，银河系的中心就在这个方向上。冬至点也在人马座中。



图2—26 马人喀戎

天蝎座的西面紧挨着室女座的便是天秤座了。天秤座（图2—27）由四颗小星组成一个小的四边形，在夜空中很容易找到，这就是天秤星座的四颗主星。天秤座的形象是一个天秤，它是邻座正义女神（室女座）用来称量人世间善恶用的。

天秤座是一个小星座，除了四颗3等的主星外，其它星都很暗；天秤的形象也不明显，因此不太引人注目。这里要

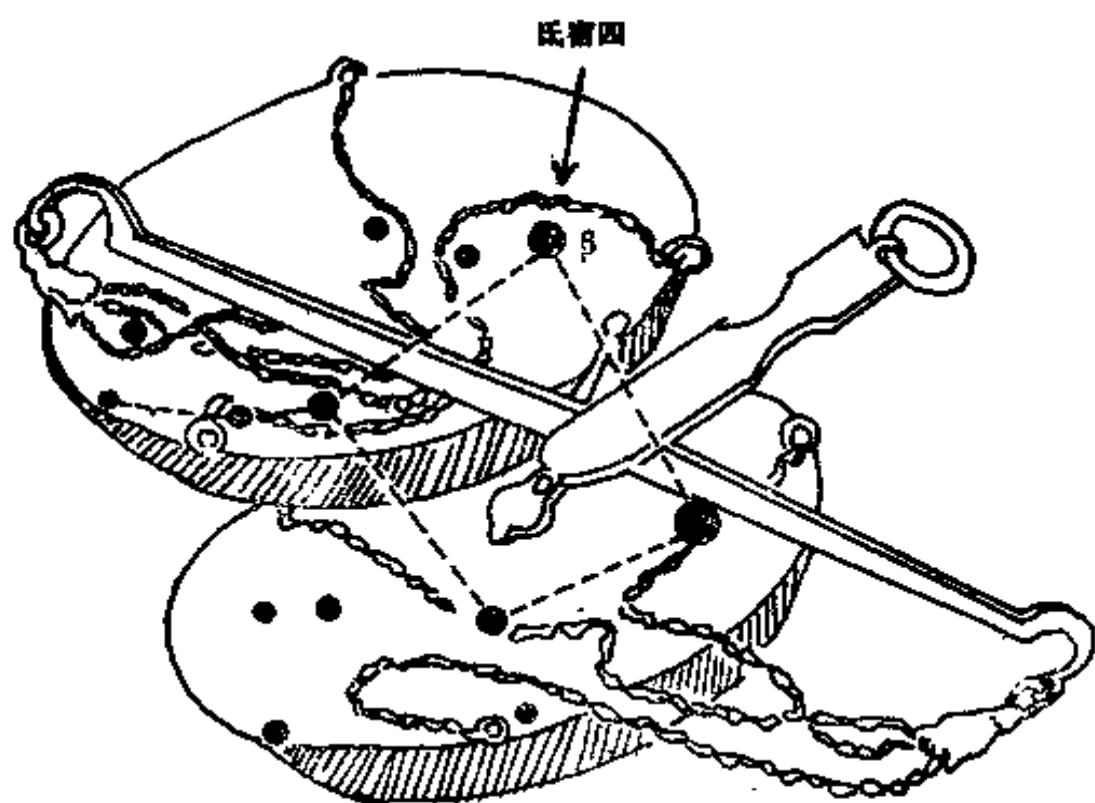


图 2—27 天秤座的形象

提的是天秤 β 星，中名氏宿四，它是一颗唯一用肉眼可见微带绿色光芒的星。

天蝎座的北面是面积广大的蛇夫座和巨蛇座（图 2—28）。蛇夫座位于巨蛇的蛇头和蛇尾之间，把巨蛇座分为东西两半。整个星座没有亮星，许多暗星组成一个大的“钟”形，被想象为一个巨大的老人，手里抓着一条令人畏惧的花斑巨蛇。

巨蛇座是全天 88 个星座中唯一的一个被分成两部分的星座。它的一半在蛇夫座的东面是巨蛇的尾部，另一半在蛇夫座西面是巨蛇的头部。座内亮星不多，最亮的 α 、 β 星亮度只有 3 等。

巨蛇、蛇夫座的北面，织女星的西边是武仙座（图 2—

29)。这是纪念神话中的英雄赫丘利的。他一生的事迹惊天动地，曾经征服过许多妖魔鬼怪，立下了十二件大功。人们为了纪念他，便把他升到星空中。

武仙座没有亮星，由六颗暗星构成一个反写的“K”字，被想象为一个年青英雄的形象。他左手攥着九头蛇，右手高举起征服剿灭妖怪的木棒，做出正在攻击的姿势。

在武仙座 η 星附近有一个著名的球状星团M13，样子象一朵盛开的白色菊花。它是由约30万颗恒星密集而成的恒星集团，总亮度5.7等，肉眼可以看到一个光斑，用稍大点的望远镜就能看清它的球形轮廓。

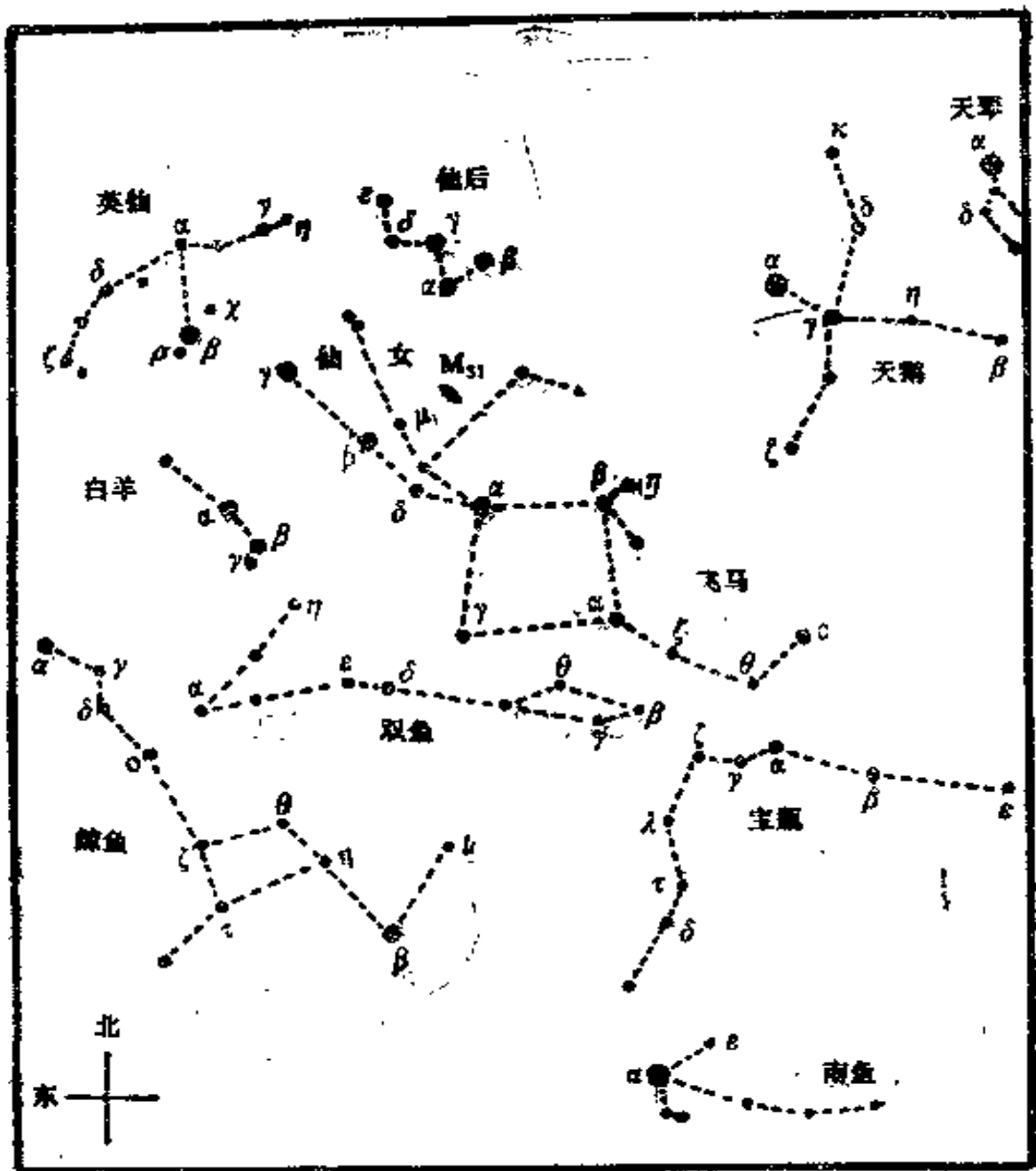
夏夜，凉风习习。当你按照我们的指引，找到上面所谈到的那些星座，你的心情又是怎样呢？

五、秋季星空

到了秋天，星空另是一番景象。十月的北国，秋高气爽，玉宇无尘，星空也显得格外清新。此时，牛郎、织女星已渐渐地偏向了西方，巨大的天蝎已在西南地平线沉落下去。北斗七星横在北边地平线上，“斗柄指西，天下皆秋”。这个时期星空的特点是：明亮星座不多，只有飞马座最引人注目，银河静静地斜穿夜空。

南天有巨大的鲸鱼座，北天有仙王座、仙后座、仙女座、英仙座，这四个星座合称为王族星座。此时仙后座正好位于头顶上空，五颗亮星组成了一个“M”字形。在它的西北面可以找到仙王座，这两个星座是神话中的国王和王后。他们的女儿也被放到天上，就是仙女座。

仙女座位于仙后座南面，东西长30多度，其间有四颗亮星



星等 1 ○ 2 ● 3 ■ 4 ◆ 5

图 2—30 秋季的主要星座

排成一行，从东北向西南伸展，直到达飞马座，横贯整个星座。其中仙女头部的 α 星（壁宿二）与飞马座的三颗主星组成一个醒目的大四边形，星座内 α 、 β 、 γ 三颗星都是2等的



图 2—31 被锁在悬崖上的仙女形象

亮星。

仙女座(图 2—31)被想象为一个身带铁链的少女，被锁在海边的崖石上，供海怪吞噬；她娇弱无力地靠着巨石，望着前面的飞马，似乎在期待着乘飞马而来的英雄救她出险，使人们不免对这美丽的少女产生怜悯和同情。

仙女座有许多美丽的双星和聚星，在仙女脚下的 γ 星便是一个三合星，它的主星是2.3等橙黄色的星，子星是5.1等黄色的星。这颗伴星的颜色经常变，一会儿看着是黄色、金色、青色，一会儿看着是橙色、蓝色，人们评价它是“天界第一美的星”。用望远镜可以看到这颗伴星本身又是一颗双星，由两颗子星组成，因此 γ 星是一颗三合星。

仙女座中还有不少星云、星团，其中仙女座大星云 M_{31} 尤为著名。它是一个同我们所在的银河系差不多的河外星系，它

的直径约16万光年，距离我们是230万光年，在晴朗无月的晚上肉眼可以看到一个模糊的小光斑，用望远镜可以看出，这个星系以侧面朝着我们。

仙女座的东北面是英仙座。神话中说：仙后得意忘形当众夸口，说自己的女儿比海里的女神还要美，因此惹怒了海神，扬言要降灾给这个国家，否则就用公主来抵命，国王不得已只好忍痛牺牲自己的女儿，这个无辜的公主就是仙女座，吞吃公主的海怪就是鲸鱼座。



图 2—32 英雄杀死海怪，救了仙女的性命

正当海怪要吞吃公主的时候，突然来了一位年青的英

雄。这年青的英雄就是英仙座。英仙座是银河附近最美丽的星座之一。每当秋季的夜晚，在北天高空的仙后座、仙女座附近就是英仙座。他们在天空中仍然保持着亲密的关系。



大陵五

英仙座（图2—33）的亮星排列成一个横躺着的“人”字形，非常容易辨认。整个星座的星星，构成了一个少年英雄的形象。他一手提着妖魔的头颅，一手高举着宝刀，傲然挺立在银河岸边。

其中英仙座 β 星是著名的食变星，我国叫它“大陵五”。它是颗双星，由一亮一暗两颗星组成，相互绕转。暗星转到亮星前面，亮星被遮住，大陵五就变暗了，当亮星从暗星背后转出来，我们就会看到大陵五又变亮了。这类变星叫“食

变星”。它的亮度最亮时为2.2等，最暗时为3.5等，光变周期为2.867天。它的亮度象变魔术似地迅速变化着，所以被人们称为“魔星”。

当你找到英仙座后，再回头向天顶偏南方向望去，可以看到一个由四颗亮星组成的大四方形，它叫“飞马座四方形”，是秋夜星空的主角（图2—34）。

要注意四方形东北角的那颗星是仙女座 α 星（壁宿二），其余的那三颗才是飞马座的主星，它们三者的连线就是飞马巨大的翅膀。飞马座 α 星，也就是四方形西南角的那颗星，



图 2—34 神骏的飞马

中名室宿一。它和牛郎星、天津四构成一个巨大的等边三角形，这便是“秋季大三角”。

飞马座、仙女座之南是双鱼座（图 2—35）。整个星座

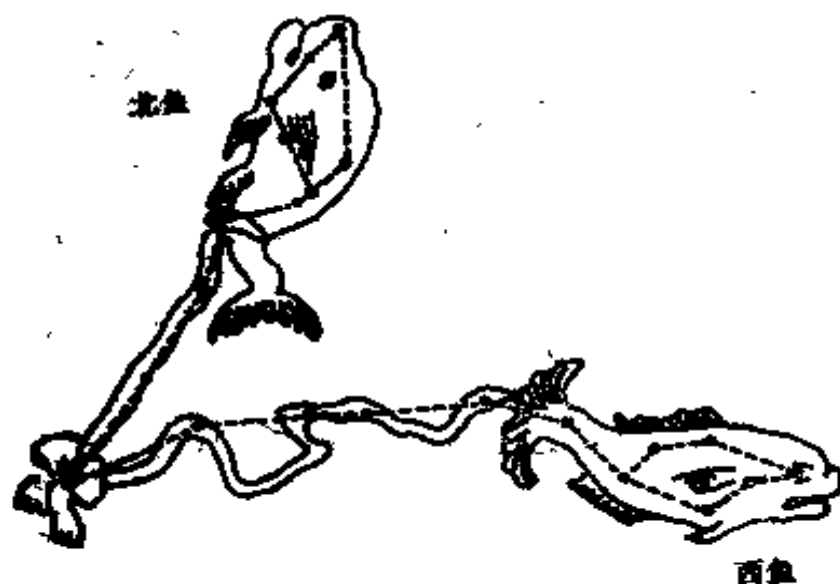


图 2—35 双鱼座在天上的形象

没有什么亮星，主星 α 也仅仅是4等星。在飞马座大四边形的正南方有六颗小星，组成了一个不规则的多边形，这是位于西边的一条鱼，叫做“西鱼”。在仙女座的下边有五颗小星组成一个五边形，它们和其它的一些暗星组成了另一条鱼，叫做“北鱼”。在“西鱼”和“北鱼”之间，有一串星组成了一个大的“V”字形，这是连接两个鱼尾的丝带。整个星座构成了两条尾巴用绳子连接起来的鱼，它们便是神话中的美神和她的儿子小爱神的化身升到天界的形象。双鱼座中亮星不多，不太容易辨认，但它位于黄道带上，是行星经常出没的地方，春分点就处在双鱼座中。

双鱼座之南是巨大的鲸鱼座（图2—36）。它是全天第四大星座，古时的星图将鲸鱼座画成一条可怕的大鲸鱼，口中吐出一条带叉的舌头，粗大的利爪、巨大的尾巴，确实象一个兴风作浪的大妖怪。

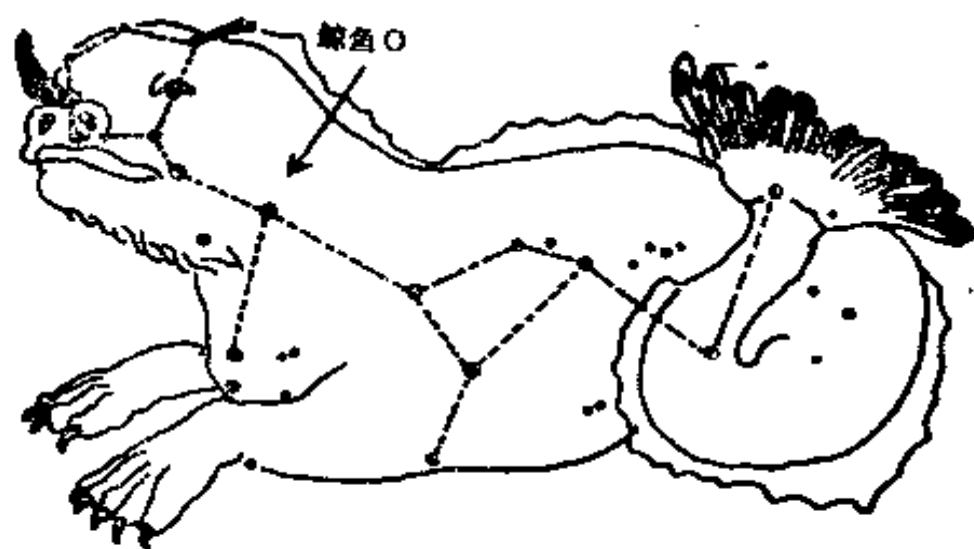


图2—36 可怕的鲸鱼怪

鲸鱼座中没有亮星，但很容易辨认。值得注意的是座内

有一颗奇怪的长周期变星鲸鱼 α 星，从2等变到10等，一年里只有两个月能看到这颗星。它以“鲸鱼怪星”而著名。座内西南还有一颗更有趣的变星UV，在很短时间内，数秒或数十秒，光亮增到它最大光度。保持十分钟到数十分钟便急剧下降，好似闪闪发光，被人们称为“闪光星”。

鲸鱼座的西边、飞马座的南边是宝瓶座（图2—37）。黄道经过宝瓶座，它是黄道十二星宫之一。从这个星座所占的天区来说，它次于飞马座位居第十位。虽然它占面积不小，但是只有三颗3等星，十八颗4等星，其余都是暗星。

因为亮星不多，所以描绘出的形象也不很清楚。寻找这个星座，要先找到飞马座，在飞马座的南边有四颗4等星，



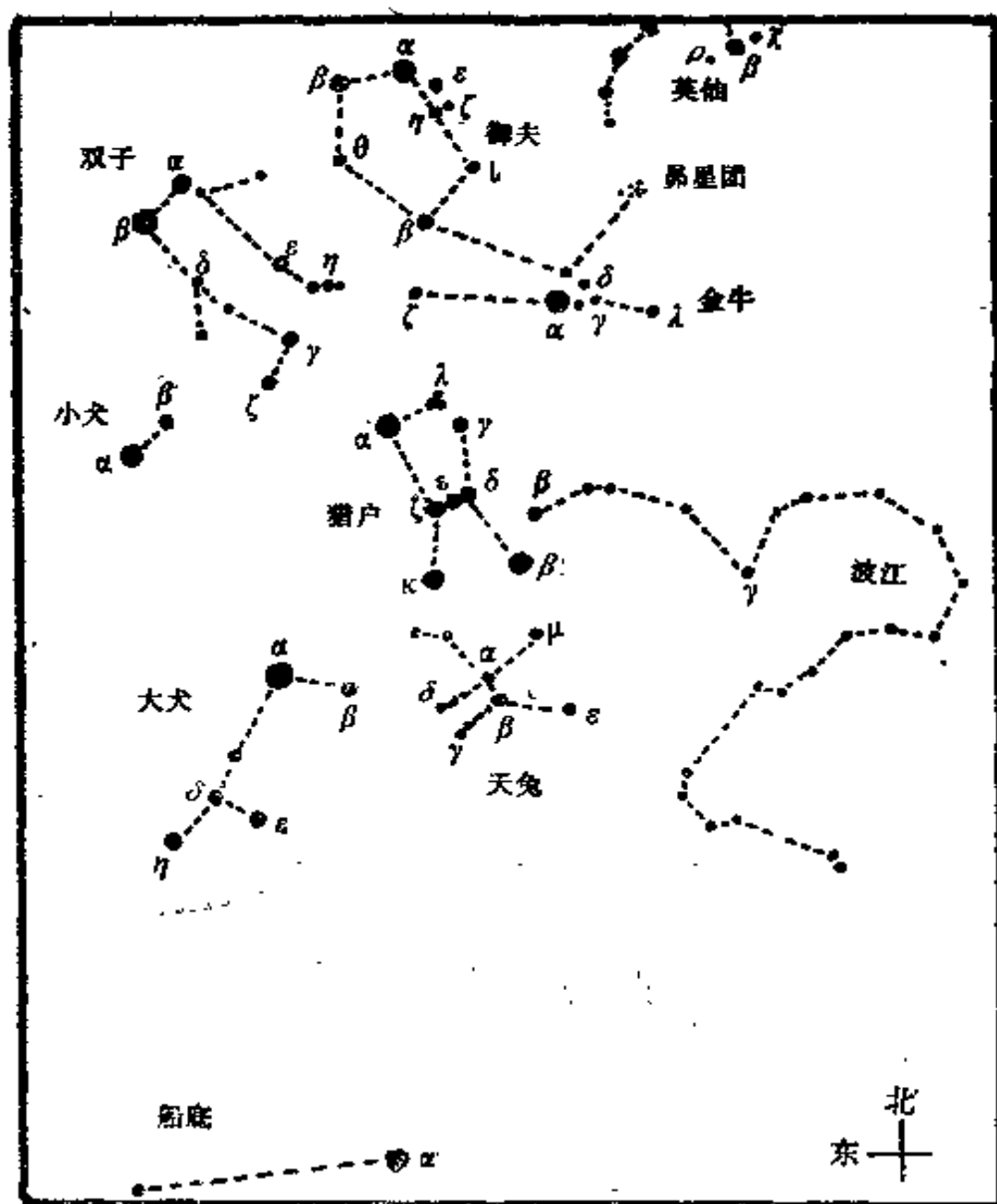
图2—37 神宴上的侍者

便是宝瓶座。整个星座大致描绘出一个手持宝瓶在天空中倾水的美少年的姿势，他就是神宴上的侍者了。

秋夜，天气初肃，星光灿烂，阴雨天少，认星条件好，那么，就请君莫失良机。

六、冬季星空

冬天的北国是冰雪的世界，刺骨的寒风带来纷飞的雪花。冬夜更是寒冷寂静，但它的星空却是那样的美丽壮观。许多有名的亮星都在这时候出现。有多少不畏严寒的天文爱



星等 1 2 3 4 5

图 2—38 冬季的主要星座

好者，迎着凛冽的寒风，站在雪地上仰望天空。此时，著名的猎户座成了冬季星空的中心，它高悬在南方天空，是全天最瑰丽、亮星最多的星座。如图 2—39，座内四颗亮星构成

一个四边形，中间整齐地排列着三颗星，使这个四边形变成了具有共同短边的两个梯形，那三颗星就是这条短边，称为“猎户三星”。每逢春节期间，黄昏以后，猎户三星位于正南方高空，我国民间有“三星高照新年到”的说法。紧靠猎户三星南边还有三颗等间隔排列的小星，垂直于猎户三星，民间叫它们“小三星”。猎户三星叫“大三星”，整个星座想象为一个威武的猎人，腰带上佩着一把宝剑，手持狮头盾，高举木棒迎击冲来的红眼金牛。

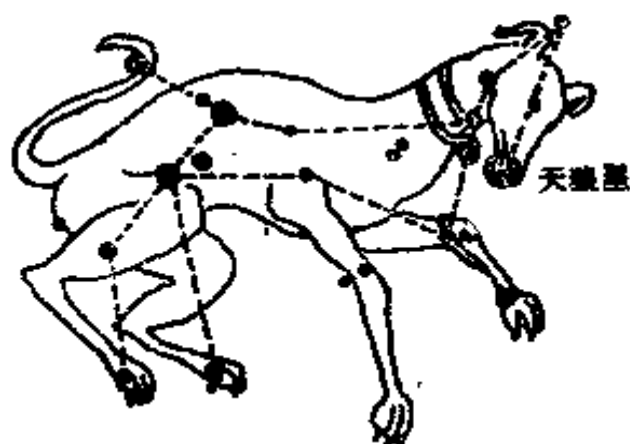


图 2—39 威武的猎人

我国古代把猎户座的七颗星叫做“参”，它左上方的那颗红色亮星 α 叫参宿四，是一颗超级巨星，直径比太阳约大900倍。如果把太阳比作一只小帆船，那么参宿四就象是万吨巨轮。它的体积虽然庞大，但平均密度却只有地球大气密度的千分之一。可以说参宿四是个“虚胖子”。

猎户座最亮的是 β 星，中名参宿七，在四边形右下方。它发出青白色的光芒，说明它是一颗高温星，表面温度 12000°C 。而发红色光的参宿四表面温度很低，只有 3800°C 。参宿七的直径是太阳直径的60倍，实际的亮度相当于3万个太阳发出的光辉。比太阳多消耗3万倍的燃料，被人们称为“浪费家”。

猎户三星下方有一个有名的天体，猎户座大星云。用小型天文望远镜就可以看到，它是由星际气体和尘埃组成，受到附近亮星的照射而发出光亮。猎户座大星云就是这样一个发光的气体星云。



由猎户三星向东南延长约七倍处，有一颗亮度很大发青白色光的星，它就是大犬座 α 星，我国叫天狼星（图2—40）。亮度 -1.4 等，是全天最亮的一颗恒星。因为它距离我们很近，只有8.7光年，所以显得特别亮。

图2—40 忠诚的大犬 实际上它的亮度只是太阳的23倍，在宇宙中还算不上发光能力最强的恒星。天狼星是个双星，有一颗很小的伴星绕着它旋转。伴星的体积是地球的一半，而质量却是地球的33万倍。因此，它的密度高得惊人，假如从这颗星上取一立方米的物质放在天秤的一端，另一端就要放上一只380万吨的轮船才能平衡。在天狼星附近天区还有另外四颗较暗的星，它们构成了大犬的前足和后足。这个大犬座就是猎人带的一只大猎狗。

在大犬座东北的银河对岸也有一颗闪闪发光的亮星，它是小犬座 α 星，我国叫南河三。它与猎户座参宿四，大犬座天狼星交织成一个巨大的等边三角形，十分醒目地挂在冬夜星空，这就是著名的“冬季大三角”。小犬座内肉眼可见的星为数不多，南河三和另外三颗暗星组成一个小三角形，被想象成跟随猎人身后的一只小犬（图2—41）。

在猎户座的南面有一个小星座，叫天兔座（图2—42）。

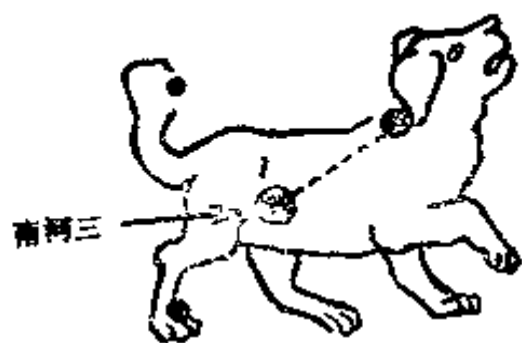


图 2—41 跟随猎人的小犬

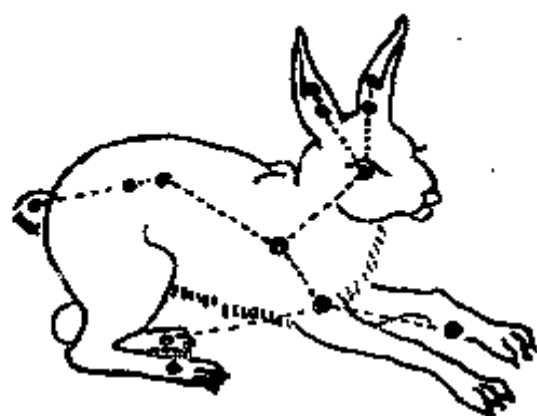


图 2—42 弱小的天兔

座内只有 3 等星和 4 等星六颗。虽然亮星不多，但十分醒目。其中 μ 星（中名屏一）是兔子的眼睛，它上面还有几颗小星与它组成了一个“V”字形，是兔子的两只长耳朵。这几颗星组成了兔子的头。在后边还有几颗小星，它们共同组成了兔子的身子和短小的尾巴。整个星座在猎户脚下，好似一只被大、小二犬追逐的小兔子。

在猎户座的东北面有一群亮星，它们组成了一个长方形，这就是双子座（图 2—43）。双子座在古星图上被画成一对靠得很近的兄弟。其中 α 、 β 星，我国叫北河二、北河三。 α 星是哥哥的头， β 星是弟弟的头。有趣的是，这一对兄弟在组成上十分相象，用小望远镜可以看出它们是两颗双星，用分光仪器分析得知，它们都是由三对双星组成的六合星，这确



图 2—43 亲密的兄弟

实。它们都是由三对双星组成的六合星，这确

实是一个有趣的巧合。

从猎户座向北望去，在你的头顶上空的银河中，由五颗亮星组成一个大的五边形，这就是御夫座（图2—44）。外国古代星图上把它画成一个放牧羊群的老人，怀中抱着一只小羊。其中最亮的 α 星，我国叫五车二，就是小羊的化身。神话中传说，太阳神的儿子驾着金车在天空飞驶，不幸翻了车，引起了冲天大火，金车掉在地上，把地面烧得寸草不生，形



图2—44 御夫座的形象

成了今天的撒哈拉大沙漠。后来金车被送到天河星就成为御夫座。

御夫座 ϵ 星，我国叫柱一，它是一个著名的双星。是由两颗非常巨大的恒星组成的一个庞大体系。其中亮的一颗直径是太阳的二、三千倍，暗星比亮星稍小些。如果把太阳比做一只小风筝，那么柱一就可看作是一架巨型客机。观测表明，这两颗星互相绕着转，每转一周是27年。

御夫座的南面，猎户座的北面是金牛座（图2—45）。在金牛座里有一群聚集在一起的青白色小星，肉眼一般能看到六颗，眼力好的人能看到七颗。西方叫它七姐妹星团，我国叫昴星团。这是银河系著名的疏散星团。它距离我们410光年，用天文望远镜观测，这个星团包含280多颗恒星。

金牛座 α 星是一颗红色亮星，我国叫毕宿五，是金牛座中最亮的一颗星，它表示金牛一只急红了的眼睛。整个星座



图 2—45 凶猛的金牛

想象为一头凶猛的野牛正低着头，瞪着通红的眼，用坚硬的双角抵向猎户座的猎人。

一年四季的星空我们基本上都认过了。星空就象是一部永远读不完的伟大的天书，它隐藏着无穷的奥秘，等待着每个追求知识的人去阅读。

七、认星歌

春季星空

春风吹暖学认星，
北斗高悬柄指东；
斗口两星指北极，
找到北极方向清；
狮子横卧春夜空，
轩辕十四 1 等星；

牧夫大角沿斗柄，
星光点点照航程。

夏季星空

斗柄南指夏夜来，
天蝎人马紧相挨；
顺着银河向北看，
天鹰天琴两边排；
天鹅飞翔银河盍，
牛郎织女色清白；
心宿红星照南斗，
夏夜星空记心怀。

秋季星空

秋夜北斗靠地平，
仙后五星空中升；
仙女一字指东北，
飞马凌空四边形；
英仙星座照夜空，
大陵五是变光星；
南天寂静亮星少，
北落师门赛明灯。

冬季星空

三星高照入寒冬，
昴星成团亮晶晶；
金牛低头冲猎户，

群星灿烂放光明；
御夫星座五边形，
天河上面放风筝；
西北仙后指北极，
天狼全天最亮星；
东看小犬北双子，
南河北河要分清。

第三章 太 阳

一、太阳的概况

太阳是整个太阳系的中心天体，九大行星和太阳系的其它小成员都以太阳为中心围绕它旋转。在银河系中有千千万万颗恒星，太阳不过是银河系中一颗普普通通的恒星而已。它的年龄不老也不小；它的质量即不太大，也不太小；它的表面温度即不太热，也不太冷。总之，在宇宙中太阳是一颗极平常的中等星，一个微不足道的成员。

太阳是离地球最近的一颗恒星，日地平均距离为149600000公里，这段距离被定义为一个天文单位，表示成AU， $1\text{AU} = 149597892$ 公里，这是1984年国际天文联合会通过并采用的数值。粗略地讲就是一亿五千万公里。我们一般在衡量太阳系天体距离时，采用天文单位。

太阳目视星等为-26.74。太阳发出的光到达地球，需要8分19秒。这和离我们最近的恒星南门二相比就近在咫尺了。南门二的光到达地球需4.3年，其它恒星离我们就更远了。

太阳是一颗由炽热气体组成的“火球”，大气中氢和氦占绝大部分，按质量计，氢约占71%，氦27%，其它元素为2%。它的表面温度为6000℃，中心温度可高达1500万度。

严格地说，太阳是颗高温等离子体星球。它的直径为140万公里，是地球直径的109倍。如果把太阳缩成直径3米的大气球，那么地球就好比一个乒乓球。太阳体积相当于地球体积的130万倍。太阳的直径相当于月亮直径的400倍。我们平时看太阳好象和月亮大小差不多，这是由于太阳要比月亮离地球远400倍的缘故。太阳质量约2000亿亿吨，是地球质量的33万倍，相当于一个40公斤的人与万吨巨轮之比。太阳占整个太阳系总质量的99.87%，就是所有九大行星的质量都加在一起也只有太阳质量的七千四百五十分之一。

太阳密度很小，平均密度为1.4克/立方厘米，约为地球密度的1/4。这是因为它是一团巨大的炽热气体球。太阳表面的引力为地表的28倍，这样，一个体重40公斤的人，到了太阳上就有1吨多重了。正是由于太阳有这样巨大的引力，才使得太阳系中所有的天体围绕它运动，使太阳系成为一个稳定的天体系统。太阳也有自转和公转。在日面赤道带，自转一周需25地球日。在自转的同时，太阳也在公转。它率领太阳系所有成员，绕银河系中心运转，运转一周历时长达2.2亿个地球年，称为一个“宇宙年”。

二、太阳的能量来源

“万物生长靠太阳”，太阳的能量从何而来呢？自古以来，人们就一直在探讨这个问题。

在埃及一座庙宇的墙上，有一幅3000年前画的古代埃及人礼拜太阳的画。画上的太阳是一个光芒四射的圆盘，在射向大地的每一道光的尽头都有一只人手。这说明古代人已经把太阳看作是给予地球上一切生物生存的能量源泉。的确，

地球上生物的繁衍，天气的变化，水分的循环，其能量都来源于太阳。煤和石油是储存在地下的太阳能。从某种意义上说，人类也是太阳的子孙。

太阳慷慨赠给地球的能量，每秒就相当于700万吨煤的一次燃烧量。这样巨大的能量仅是太阳每秒钟总辐射能的22亿分之一。太阳每秒钟总辐射量为 9.14×10^{25} 卡，相当于1.6亿亿吨煤燃烧所释放的能量。如果能从地球到太阳架一座3公里厚，3公里宽的冰桥，把太阳所辐射的能量全部集中在上面，那么，只需1秒钟就可以把它全部溶解，8秒钟就可以全部化为蒸气。在太阳寿命50亿年中所释放出来的能量该是一个多么惊人的数字呀！太阳消耗如此巨大的能量到底从什么地方得到补充呢？究竟是哪种能源释放出这样巨大的能量呢？如果整个太阳都是煤，只需1000年太阳就燃尽了。不是煤，哪又是什么呢？是原子能。是太阳本身的核聚变反应所产生出来的巨大能量。太阳中心温度高达1500万度，压力为3000亿个大气压。在高温高压作用下，太阳中象氢弹爆炸那样，进行着激烈的热核反应，由四个氢核聚变为一个氦核，方程式：



（上式右上角的数字为原子量，右下角的为原子序数， e^+ 为正电子）。

在核聚变中同时损失0.7%的能量变为光和热。一克氢聚变成氦时放出的能量为 6.2×10^{18} 尔格/克。氢是太阳中最丰富的化学元素，按质量计，氢约占70%。那么当太阳全部的氢变为氦时，所放出的能量为：

6.2×10^{18} 尔格/克 $\times 2 \times 10^{33}$ 克 $\times 0.7 = 8.68 \times 10^{51}$ 尔格（上式中 6.2×10^{18} 尔格/克为1克氢放出的能量， $2 \times$

10^{33} 克为太阳总质量，0.7为氢占比数）。

目前太阳每秒钟辐射出的总能量为 3.8×10^{33} 尔格，一年等于365天，一天等于86400秒。太阳的全部氢燃料可维持太阳辐射的时间长达：

$$\frac{8.68 \times 10^{51}}{3.8 \times 10^{33} \times 86400 \times 365} \approx 7.2 \times 10^{10} \text{年}$$

即由氢聚变成氦的热核反应所提供的能量足以维持太阳约72亿年之久的寿命。所以，太阳还有漫长的生命史。

三、太阳的结构

太阳的质量很大，在它自身的重力作用下，太阳物质由外向核心集中。中心密度可达160克/立方厘米，中心压力约为 3.4×10^{12} 达因/立方厘米，中心温度1500万度，在这样的条件下，太阳中心进行着氢聚变成氦的热核反应，所产生的能量以辐射的形式向空间发射。目前，太阳能量的产生和发射基本达到平衡。就整体而言，太阳处于稳定平衡状态。根据直接观测和间接推测，得出太阳的分层结构，从中心到边缘依次为核反应区、辐射区、对流区、和太阳大气。

（一）核反应区

本区体积相当小，只占太阳的1/64，半径只有太阳1/4，但是，质量占到太阳的一半以上，太阳发射的能量99%是在这里产生的。在这里，进行着氢氦聚变反应，连续不断地维持着太阳辐射。

（二）辐射区

在核反应区的外面是辐射区，其范围从0.25R到0.8R，

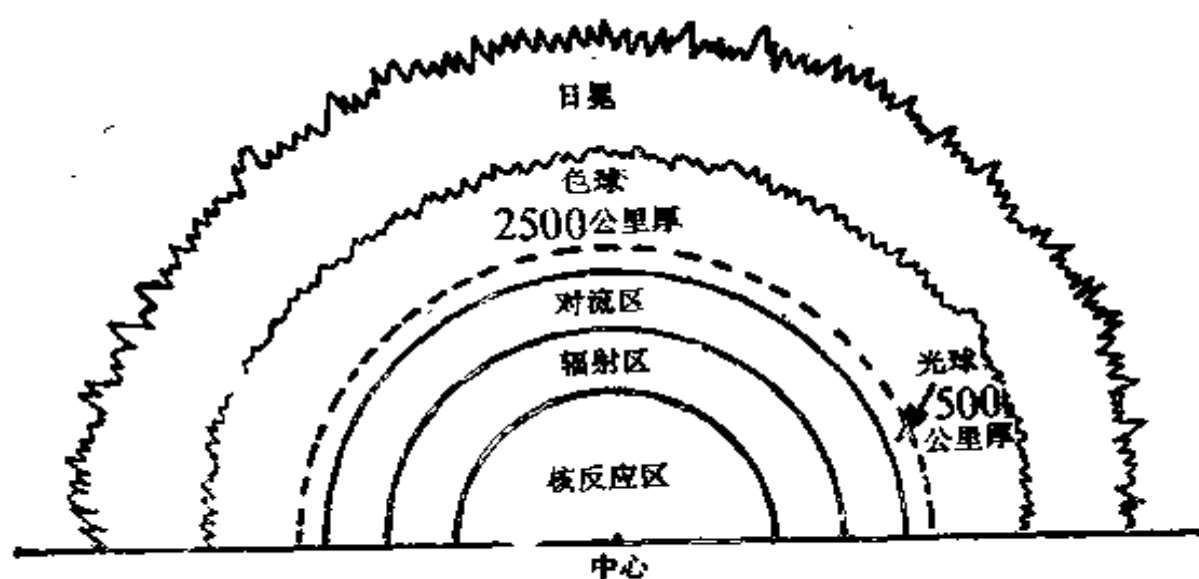


图 3—1 太阳的结构

从太阳核心产生的能量通过本区以辐射的形式传输出去。辐射从内部向外部的转移过程是通过各层物质的吸收、发射、再吸收、再发射实现的。在从内到外的辐射转移中，核反应区产生的 γ 射线，逐步降低频率，变为X射线，紫外线和可见光。

(三) 对流区

在辐射区上面是对流区（或叫对流层），厚度约为15万公里，能量主要靠对流向外传播。在这里，由于内层的氢不断电离造成气体的比热增加，破坏了流体静力平衡，产生强烈的对流。就象烧开水时，壶底部的水被加热，通过对流把热传到上边一样。所以这一层叫做对流层。

(四) 太阳大气

太阳大气指太阳外层的稀薄气体，大致可以分为光球、色球、日冕三个同心圆层。各层的物理性质有显著的区别。

1. 光球层

太阳大气的最下层是肉眼所见的光芒夺目的太阳表面，太阳辐射的光主要由这一层发出，所以叫做光球层。我们目视的太阳形象就是光球的象，所以大量的观测结果也都限于光球层的现象。我们对光球层的了解比其它层次都更仔细和更具体。

光球层是半透明的气层。通常所说的太阳直径和太阳表面温度都是指光球而言的。光球温度约 6000°C ，厚度为500公里左右，同太阳半径70万公里相比，好象人体的皮肤那样薄。光球层不是各处都一样亮，它的边缘比中央部分暗些，这种现象称做“临边昏暗”。光球上可以看到4万颗左右、直径 $1''-3''$ ，大的可达 $5''$ 的米粒状结构，称为米粒组织。由于来自光球下面的对流层的热气流从米粒中心上升，冷的气体沿边缘下流，造成了米粒中心部分较亮，外围部分较暗的效果。

经常观察太阳的人，有时会发现光球上还有一些黑色的斑点，这就是人们常说的太阳黑子。黑子发暗的原因是由于其温度低于光球约 1500°C ，在光球明亮背景的衬托下显得黑暗。黑子是太阳活动的主要标志，有平均11年的变化周期。此外，光球上还有比周围亮的光斑，可能是位于光球上层的较热气团。光斑同黑子关系密切，黑子附近必有光斑，但有光斑处不一定能找到黑子。

2. 色球层

太阳大气的中层为色球层。它位于光球层之上。色球层是比较稀薄和透明的气态物质。它的厚度各处不同，平均厚度约2500公里。由于地球大气分子对阳光的散射作用，太空背景太亮，所以平时看不到它。只有在日全食发生的短暂时间内，当月亮挡住了太阳的光球，观测者才能看到在光球周

围有一圈明亮的玫瑰色圆环，那就是色球。色球层温度随高度而升高，由几千度增至十万度。由于磁场的不稳定性，色球常常产生激烈的耀斑爆发。表现为突然出现特别明亮的斑点，耀斑多发生于黑子附近及上空。与耀斑共生的有爆发日珥，它是色球层强烈的上升气流所造成，是从色球层腾空而起达数万至数十万公里高度，又落回日面的巨大“火焰”。耀斑和日珥也有11年的活动周期。

3. 日冕层

太阳大气的最外层称为日冕。它从色球边缘向外延伸到几个太阳半径处甚至更远。日冕是极端稀薄的气体壳，平均密度约为每立方厘米5个质子。它主要是由高度电离的离子和高速的自由电子组成。日冕的温度随高度上升而剧增，上部温度高达摄氏100多万度。由于温度极高，不可能处于特定静止状态。因此，日冕物质摆脱太阳引力的约束而不断向外膨胀，奔向太阳系的行星空间，形成太阳风。

太阳风速度约为300~600公里/秒，太阳风经过地球区域以后，继续向外传播，一直到太阳系外面很远的星际空间。日冕光度较暗弱，平时不易观察到。日全食时，日面被月亮遮掩，在太阳周围出现一片银白色的光辉，这就是日冕。日冕的形状和太阳活动有关，在太阳活动极大期，日冕接近圆形；在太阳活动宁静期则较扁，两极处短，赤道区突出。

四、太阳活动及其对地球的影响

（一）太阳活动

就总体而言，太阳是一个稳定、平衡、发光的气体球。

但是，太阳大气却常处于局部的激烈运动之中。我们观测太阳，时常可以看到太阳表面具有各种不同特征的斑点和条带，它们在不断地变化着。太阳表面的这种现象，称为太阳活动。最明显的例子是黑子群的出没和耀斑爆发等等。这些现象同太阳磁场的关系很密切。太阳活动主要表现为黑子、光斑、谱斑、耀斑、日珥等现象。

1. 太阳黑子

黑子是日面上 $\pm 40^\circ$ 范围（但赤道两旁 $\pm 8^\circ$ 范围内很少有黑子出现）经常出现的暗色斑点。黑子本身并不黑，因为温度较光球低 1500°C ，中间凹陷约500公里，在照亮光球的反衬下显得发黑。从黑子的照片看出，发育完全的黑子形如浅碟，以圆形或椭圆形居多，中心部分较暗称为本影，周围较亮部分，称为半影。

世界上最早的黑子纪录是在我国汉朝，比欧洲早八百多年。汉朝“汉书五行志”里对公元前28年的大黑子有详细记载：“汉成帝河平元年三月乙未，日出黄，有黑气，大如钱，居日中央”。这个记载不但说明了黑子出现的日期，而且说明了黑子的形状、大小和位置。

黑子的大小不等，有单个的，有成对或成群出现的。黑子实际上是太阳上的气体旋涡，小的直径有1000~2000公里，大的可达20万公里以上。复杂的黑子群由几十个大小不一的黑子所组成。通常黑子群包括两个较大的主黑子，称为双极黑子群。其中一个黑子的磁场呈北极，另一个则呈南极，黑子磁场很强，可高达3~4千高斯，其磁性周期为22年。黑子的寿命可从几小时到几个月。

长期观测发现，黑子数逐年多少不等。有的年份黑子出现多，有的年份出现少，多的年份叫太阳活动极大年（峰

年)，少的年份叫太阳活动极小年（谷年）。黑子盛衰周期平均为11年，称为太阳活动周或黑子周。按照规定，以黑子最少的年份作为太阳活动周的开始年份，把1755年定为第一周的开始，到现在是第二十二周。本周开始于1986年。那么1986年就为太阳活动极小年。

2. 光斑和谱斑

光斑也是光球上的一种活动现象。用望远镜观测太阳，往往可以看见在太阳边缘出现的明亮条纹或小块亮斑，这就是光斑。光斑温度约比光球背景高几百度，和黑子常常相互伴随。光斑出现比黑子早，寿命比黑子长，和黑子一样，具有11年的变化周期。

谱斑是出现在色球层中的一种太阳活动。用色球望远镜观测的太阳单色象上，呈现大块增亮区域，称为亮谱斑。但有时也能够观测到一些暗黑区域，称为暗谱斑。谱斑位于色球层内光球层的光斑上面，它延伸的区域与光斑符合。但是光斑只能在日面边缘观测到，而谱斑则在日面边缘和日面中心都可看到。它的大小从1千公里到几十万公里，温度比周围高，寿命比黑子长，也称“色球光斑”，随着黑子11年周期而变化。

3. 耀斑

耀斑是太阳活动中最剧烈的一种，也是太阳上各种活动现象中对地球物理影响最大的一种活动现象。耀斑表现为色球层中明亮的斑块。观测太阳时，有时会看到一个亮斑点突然出现，几分钟甚至几秒钟内面积和亮度增加到极大，然后缓慢减弱以致消失，这种现象叫“色球爆发”。耀斑寿命很短，平时约20~60分钟。它的出现和黑子有密切的关系，也同样具有11年的周期。在黑子极大年，耀斑活动最为强烈。

95%以上的耀斑都产生在黑子群上空，出现在黑子群生长阶段，一个耀斑发出的总能量，相当于100亿个百万吨级的氢弹爆炸的威力。耀斑爆发时，除了辐射可见光外，还有紫外线、X射线、 α 射线、红外线和射电辐射，以及冲击波、高能带电粒子流和宇宙射线。它们到达地球后，大量的带电粒子流与地球高层大气作用时，常发生磁暴、极光和造成短波无线电通信的衰减甚至中断，对气象和水文等也有直接或间接影响。

4. 日珥

从色球层升腾而起，又落回日面的巨大“火焰”叫日珥，是突出日面边缘的一种太阳活动现象。日珥活动十分壮观，它形如鲜红的火舌，多姿多态，千变万化，有的似喷泉，有的象拱桥，也有的象半圆环等，物质喷射高度可达一百万公里。我们平时看不到日珥，只有日全食时或用色球望远镜才能看到。太阳黑子带内的日珥具有11年的变化周期，两极附近的日珥周期不明显。

总之，太阳活动是复杂多样的。上述各种活动彼此之间互有联系，关系十分密切。比如，它们的位置常常是邻近的，黑子附近有光斑，耀斑一般出现在黑子上空或周围，它们数量多少都随太阳活动的兴衰而增减等等。目前我们对它们的认识还是初步的，产生太阳活动的根源是什么呢？这个问题还有待进一步深入研究。

（二）太阳活动对地球的影响

太阳活动，突出地表现为光球层上出现黑子和色球层上出现耀斑，而且它们的大小与多少有以11年为周期的变化规律。每当黑子群和耀斑出现时，地球上的某些现象就会发生相应变化。对这一问题的研究，现在已经发展为一门新的学

科——日地关系学，它是研究太阳对地球影响的一门边缘学科。

1. 太阳活动对地球电离层的影响

在太阳紫外线、X射线和粒子辐射的作用下，地球的高层大气和气体分子发生电离，形成了电离层。它具有反射无线电短波的作用，我们的电台发射的无线电短波就是依靠电离层与地面的多次反射，才传送到遥远的地方。太阳色球爆发出耀斑时，每次都要释放出相当于几十亿甚至一百亿颗百万吨级氢弹爆炸的能量。太阳短波辐射突然增强，使电离层的电离度增加，把地面的短波无线电波吸收掉，失去了反射功能。这种无线电通讯衰退现象称为德林格效应。例如，1982年6月14日北京时间14时20分发生的一次罕见的耀斑爆发，引起短波通讯中断几乎一小时，给人类通讯联系造成极大的混乱，受到了各国有关部门的密切关注。

2. 太阳活动对地球磁场的影响

地球是一个巨大的磁性物体。当磁针静止时，大约指向南北方向。太阳爆发的同时，抛出大量的带电粒子。这些接近光速的带电粒子到达地球时，因为它们本身会产生磁场，所以地球的磁场就被扰乱。这时候即使天气晴朗无风，置放在玻璃罩内的磁针也会象狂风中挣扎的鸽子一样，动荡乱动，这就是常说的磁暴现象。磁暴分为两种，一种急始磁暴，地磁水平强度突然增加，在几小时后急剧下降，几天后恢复正常；另一种缓始磁暴，开始时变化较慢。磁暴会使地球上的磁性仪器设备失灵，飞机、船只会因此而迷航甚至失事；短波通讯、磁性勘探等工作也会受到极大影响。

3. 太阳活动与极光

伴随着磁暴的发生，地球上的高纬地区还会发生绚丽多

姿的极光，极光是常出现于纬度靠近地磁极地区上空大气中的具有鲜艳色彩的发光现象，有带状、弧状、幕状、放射状。每年极光现象出现的日数与太阳黑子的年平均数对应得很好，太阳活动越剧烈，极光现象出现越频繁。原来，来自太阳活动区的带电高能粒子受到地球磁场的吸引，多奔向地球的南北极地区聚集。当这些天外来客闯入地球高层大气后，便同地球大气中的分子、原子猛烈碰撞，使它们受到激发而发光。因而我们就只能在高纬地区看到美丽的极光。

4. 太阳活动对地球生物的影响

当太阳活动增强时，使地球大气中的臭氧层遭到破坏，从而影响到地球上的生物。从统计材料看，太阳活动同地球上某些疾病的发病率似有关联。太阳活动极大年，人类的血管梗塞、心肌炎、皮肤病等疾病的发病率就增高。例如有人统计，太阳活动期和宁静期心血管病发作和猝死的频率相差很大。从12世纪到现在，曾发生过56次全球性的流感，恰好都出现在太阳活动峰年或峰年前一、二年。还发现在黑子多的年份，树木生长较快。美国加利福尼亚洲有一棵生长了3000多年的被称为“世界爷”的红杉树，它的年轮清楚地表明大约每隔11年就有一个生长旺盛期。不过，两者之间究竟存在怎样的内在联系，仍然有待进一步研究。

5. 太阳活动对地球大气、气候、水文、地质的影响

这是世界各国日益重视的重大课题。近年来，发现地磁暴发生后，某些地区气压增加，大气环流有显著变化。从史料的研究得知，我国和欧洲在四、六、九、十二和十四世纪中，冬季严寒的记录特别多，而我国史书中这五个世纪太阳黑子的记录也最丰富。这可能是因为太阳活动加强时，地球上的经向环流盛行，南北冷暖空气的交换增加，因而严冬次

数增多。又如1981年是黑子极盛年，据研究，我国一些地区暴雨连天就与之有关。太阳黑子11年周期与水文上10年左右的小旱周期相近，而80年的大旱周期正巧与太阳活动的长周期相等。人们还发现太阳活动还影响到地球上的火山地震活动。据统计，1755年的葡萄牙里斯本大地震，1896年的印度阿萨姆大地震，1966年的邢台大地震，1976年的唐山大地震，都是发生在太阳活动宁静期。而1987年又是美国地震最频繁的一年，这恰好与太阳活动周期吻合。这些材料会使人感兴趣。但是，要找出日地关系的规律性是很困难的，还有待深入研究。

此外，在利用人造卫星、宇宙飞船等进行太空探测时，还必须考虑到太阳大气活动时发出的高能粒子的强大穿透力。因为，它不仅可以破坏仪器，而且还能危及宇航员的生命安全。

太阳大气活动丰富多彩，研究太阳大气活动以及它对地球和人类活动的影响，是一门引人注目的新兴学科，它激励着人们去探索、去奋斗。

五、太阳的诞生和衰亡

宇宙间一切事物都有诞生和衰亡的历史。太阳也不例外，它也有生与死。我们已经知道太阳是以制造原子能来发光发热。但它绝不会永远保持现在的面貌，总有耗尽自己能量的一天。尽管它是一个恒星，也不可能长生不老。

从能源的角度来看，太阳现在的年龄约50亿岁。它至今损失了的氢约是原质量的三千分之一。太阳的质量再大，也总是有限的，它总有枯竭的时候。那么太阳的寿命到底有多

长呢？它的一生会怎样度过呢？这就要谈谈恒星的演化问题。

太阳是在约50亿年以前，由主要成分为氢和氦的星际云物质凝缩而成的。由于星云中的质点分布不均匀，有的地方较密，有的地方较稀。在较密的地方便会产生较大的吸引力，使周围的物质向它聚拢、互相碰撞、发热并发生旋转，逐渐形成一个中间密实的星云体。随着物质越聚越多，星云体越转越快，它变得不透明，热量不易外逸，使温度增加。当中心温度达到2000度时，形成原始恒星。

原始恒星的体积很大，内部温度并不高。但由于引力的收缩作用使温度不断提高，恒星的颜色也由红逐渐变黄变白。恒星继续收缩，当中心温度超过700万度以后，氢聚变为氦的热核反应开始进行。由于中心产生的热能同向外辐射的热能达到平衡，恒星体积收缩停止，此时恒星便进入了一个长期稳定的时期——中期阶段（主序星阶段）。现在太阳正处于这样的中年时期。太阳成为一颗主序星，以目前的水平放出光和热。太阳在主序星阶段要停留约100亿年。

那么，今后的太阳将会变成什么样子呢？大约再过70多亿年，太阳核心中的氢燃料将用尽。由于内部不再产生能量，核心部分的外向压力抵挡不住内向引力，为了维持平衡，太阳内部就要收缩。收缩时，释放出的引力势能的一部分将使太阳核心部分温度继续升高，于是太阳逐渐明亮，地球的温度也逐渐增高，大海开始蒸发。太阳的亮度如果达到现在的两倍，地球上的大海就会被烤干，陆地也将燃烧成一片焦土。但是，我们相信那时人类的科学文明将达到很高的水平，在变成这种样子以前，人类将迁移到别的行星上去住，剩下的植物和动物完全死光。

然而，当太阳内部温度超过1亿度时，便开始了氦核聚变成碳核的热核反应，另一部分引力势能便使外壳膨胀。太阳体积也越来越大，直径要比现在大一百倍到四百倍，一旦变成这种样子，水星和金星甚至包括地球轨道都将被太阳所吞没。这时，太阳就进入了晚期阶段。膨胀的太阳，完全象一个怪物，散发着红色的、奇特的光，成为一颗红色巨星。再过10亿年，所有的氦燃料用尽时，热核反应全部停止，太阳直径急剧变小，竟缩小到现在太阳的二十分之一以下。直径虽然缩小，还能发出蓝白色的光。象这样萎缩、枯小的太阳叫做白矮星，即衰亡中的恒星。最后则成为不能发光的黑矮星，所以说太阳也有衰亡的一天。

第四章 行星和卫星

一、行星和卫星的一般性质

行星是在椭圆轨道上环绕太阳运行的，近似球形的天体。经常观测星空的人不难发现，在众星之中有几颗明亮的星，经过一段时间之后位置有明显的变化，象是在恒星间行走，因此称它们为“行星”。行星本身不发光，表面反射太阳光而发亮，有一定的视圆面，有颜色特征和亮度变化。行星同恒星最本质的区别是质量。行星一般质量都比较小，不超过0.07太阳质量。目前已知太阳系有九大行星，按照它们同太阳的距离，由近及远依次是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星。在火星和木星轨道之间，还有成千上万颗小行星。它们的质量和体积都很小。

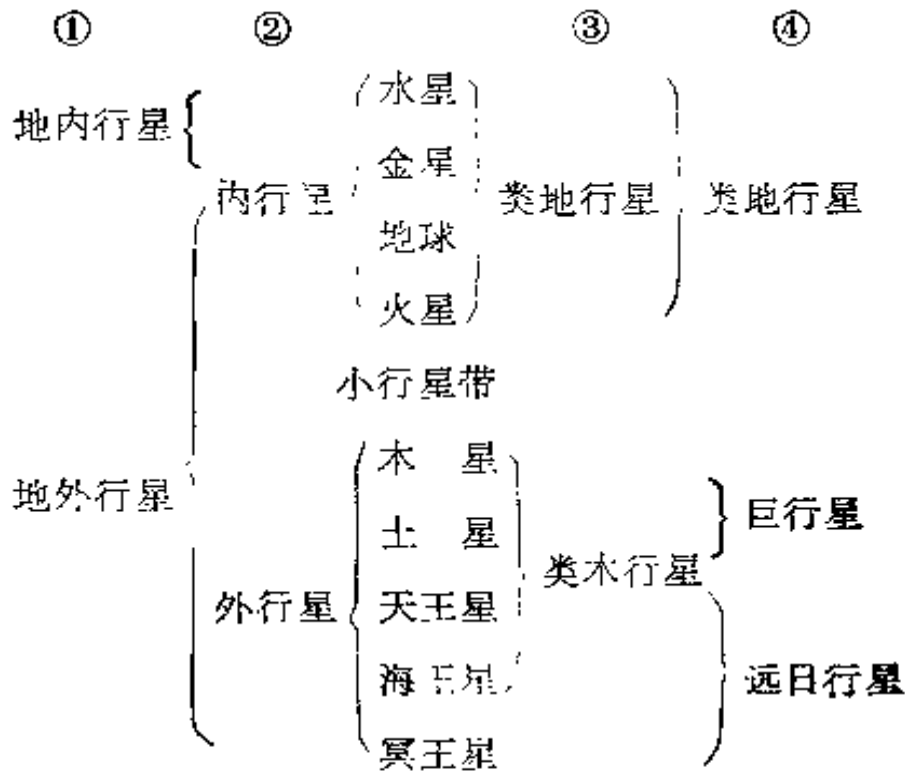
（一）行星的分类

天文学家根据对九大行星的视运动特征、距日远近，以及理化性质的研究，初步有以下四种分类方法：

①根据九大行星视运动的特征，以地球为界分为两类：位于地球轨道以内的水星和金星，称为地内行星；位于地球轨道以外的火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星称为地外行星。

②根据九大行星排列位置，以小行星带为界，分为两

大行星分类表



类：位于小行星带以内的水星、金星、地球和火星，称为内行星；位于小行星带以外的木星、土星、天王星、海王星和冥王星称为外行星。

③根据质量、大小和化学组成分类：把理化性质类似地球的水星、金星、地球、火星划为类地行星；把理化性质类似木星的木星、土星、天王星、海王星划为类木行星。冥王星作为例外。

④近期有人把类地行星列为一类，把类木行星和冥王星又分为巨行星和远日行星两类。类地行星仍是水星、金星、地球和火星，它们体积小，密度大，中心有铁核，表面温度较高，卫星少；巨行星是木星和土星，它们体积大，密度小，主要由氢、氦、氖等物质组成，表面温度低，卫星很多，本身有辐射热源；远日行星有天王星、海王星和冥王

星,它们的密度介于类地行星和巨行星之间,主要由氮、碳、氧及氢化物组成,温度很低,卫星多于类地行星。

(二) 行星运动定律

行星和小行星都沿着自己的轨道绕太阳公转。公转的轨道几乎都在同一平面上;公转方向都是从西向东;运行的轨道接近于圆。因此,这便构成了行星公转轨道三大特点:

①共面性;②同向性;③近圆性。

共面性是指九大行星绕日公转的轨道面,几乎在同一平面上。同向性是指它们都朝同一方向,即按逆时针方向,自西向东绕太阳公转。近圆性是指它们轨道不是正圆,而都是偏心率不大的椭圆。

德国天文学家开普勒根据著名的丹麦天文观测家第谷数十年积累的行星运动观测资料,凭经验方法,推出行星运动三定律:

第一定律(轨道定律):行星的轨道都是椭圆,太阳位于椭圆的两个焦点之一。这个定律突破了千余年来认为天体只能作圆周运动的陈腐观念。它在科学思想上是一个非常大胆的创见。

第二定律(面积定律):在同样时间里,行星向径在其轨道平面上扫过的面积相等。这个定律表明,行星运动的速度因距离而变化:行星在接近太阳时,运动加快;远离太阳时,运动减慢。

第三定律(周期定律):行星公转周期 T 的平方与它同太阳的距离 R 的立方成正比。若以日地平均距离(天文单位)为距离单位,以地球公转周期(一恒星年)为时间单位,便有: $T^2 = R^3$ 。有了这个定律,行星同太阳的距离,可以根据该行星的公转周期来求得,即: $R = \sqrt[3]{T^2}$ 这个定律表明,

太阳和它的行星系不是偶然的，没有秩序的“乌合之众”，而是一个有严密组织的天体系统——太阳系。

（三）卫星的一般性质

卫星是围绕行星运行的天体。它本身也不发光，靠反射太阳光发亮。如月亮就是地球的卫星，它紧紧围绕地球旋转。除了月球外，其它卫星的反射光非常微弱，通常我们用肉眼不能直接看到。

1610年，伽利略用自己发明的望远镜首次发现了木星的4颗大卫星。以后，依靠天文照相方法，行星探测器等又发现了许多卫星。就目前所知，九大行星中除了水星和金星没有卫星外，其它大行星都有卫星伴行。地球有1个卫星，火星有2个，木星有16个，土星有23个，天王星有15个，海王星有8个，冥王星有1个。1957年起，人类已向其它天体和地球发射了人造卫星。

卫星的大小和质量相差很大，大到象月球大小，小到直径只有几公里。运动特性也很不一致。分为规则卫星和不规则卫星。一般把距离分布有规律，运动轨道具有共面性、同向性和近圆性的卫星称为规则卫星。不具备这些特性的就叫不规则卫星。另外还可根据其绕行星转动方向，分为顺行卫星和逆行卫星。与行星绕日公转方向相同的为顺行卫星，逆行卫星则相反。卫星也有自转现象。有的卫星自转周期和它们围绕行星的公转周期相同。如月球总是以相同的一面朝着我们，原因就在此。与行星类似，有的卫星表面也有大气。

二、行星中的“飞毛腿”水星

水星，中名“辰星”，在太阳系九大行星中距离太阳最

近(0.387天文单位)，绕日运动速度最快(每秒47.89公里)，公转周期最短(87.969日)，可称做行星中的短跑冠军。由于它运动速度快，很难让人看到它。据说伟大的天文学家哥白尼一生中未见过水星，以致造成终生遗憾。因此，西方人用罗马神话中的“飞毛腿”墨丘利来称呼水星。

水星属地内行星，它离太阳的角距离最大 28° ，在地球上看上去它总是在太阳附近转圈子，常常被耀眼的阳光所淹没。只有在水星大距，也就是它离太阳的视角最大时，才是观测水星的最好时机。水星位于东大距时，出现在黄昏后的西方，称为昏星；水星位于西大距时，出现在黎明前的东方，称为晨星。即使如此，我们也只能是在日落的余辉中看到它，不久它也就随着沉入西方地平线之下。或者是在日出前的东方地平线附近看到水星，当然也过不了多久初升的红日又使它消失在蓝天里了。

水星半径约2400公里，是地球半径的38.3%。质量是地球的5.58%，体积是地球的5.62%，平均密度为5.46克/立方厘米，在九大行星中仅次于地球。这说明它有类似地球那样的铁核。估计该铁核约占水星质量的70~80%，铁核的一部分处于液态。在铁核外有一层厚约500~600公里的硅酸盐包层。

我们从美国向水星发射的“水手10号”探测器发回的大量传真照片得知，水星太象月球了！它的表面也布满了大大小小的环形山，此外那里还有平原、裂谷、盆地等各种地形。如果用望远镜看水星，还可以看到它有类似月相的圆缺变化。水星有一个与月球相近的表面，又有一个和地球相似的内核，这是它与其它行星都不相同的独特之处。

水星表面没有水，大气极其稀薄。大气压还不到地球表

面气压的一千亿分之一。由于没有大气和水的调节，水星表面温差很大，白天阳光直射处温度高达 427°C ，夜晚却突然降至 -173°C 。

水星公转周期为87.969日。自转周期为58.644日，正好是它公转周期的 $2/3$ 。这种自转—公转耦合现象，导致水星上的一天竟长达177个地球天。也就是说水星上的一天等于水星上的两年。这也是太阳系中的一大奇观。在九大行星中水星离太阳最近，转动又最快，所以水星的一年最短，可是水星上的一天却又最长。水星上的时间是多么有趣呀！

水星没有卫星，在那里没有“月”的概念。水星的自转轴与它的公转轨道面几乎垂直，所以水星上没有季节的变化。

三、引人注目的金星

金星，中名“太白星”，是夜空中最明亮、最引人注目的“明星”。它的亮度最大时为 -4.5 等，是天空中除了太阳、月亮外最明亮的一个天体。它比最亮的恒星天狼星还亮15倍，有时可照物生影，甚至白天都能看到它。于是面方人使用最美丽的女神维纳斯的名字称呼它。

金星比地球离太阳近，属地内行星，从地球上看去它总是在太阳附近。它离太阳的角距离最大可达 48° ，所以我们也只有在黎明前东方的夜空和黄昏后西方的夜空看到它。黎明前为晨星，黄昏后为昏星，我国古代称晨星为“启明星”，昏星为“长庚星”，过去就曾有过“东有启明，西有长庚”的说法。

由于金星是地内行星，所以它和月亮一样出现圆缺的变

化。如果用望远镜观测很容易看到这种变化。金星没有天然卫星，1978年12月美国发射的“先驱者1号”探测器在金星着陆，完成任务后进入环绕金星旋转的轨道，成为金星的第一颗卫星。金星同地球一样，是一个有大气层的固体球，而且在大小（赤道半径为地球半径的95%）、质量（为地球的82%）、密度（为地球的95%）方面与地球十分接近，成为地球的“姐妹星”。但金星表面大气比地球大气浓厚的多，大气压约为地球的90倍。大气中二氧化碳含量在97%以上，强烈的温室效应使金星表面温度高达480℃，达到了可以熔化铅、锌的温度。所以说，金星是一个极端干燥炽热的世界，不可能有生命存在。

金星上还有许多奇特的景象。地球上的天空是蔚蓝色的，金星上的天空却是橙绿色的。这是因为金星大气中的云层太厚，吸收了太阳光谱中的蓝色部分，使得照在金星地表的光呈现为带有橙绿色调的黄光。金星是太阳系内唯一逆向自转的大行星。因此，金星上看到的太阳运动与地球正好相反，是西升东落。金星的公转周期为224.7地球日，自转周期为244.3地球日。金星的公转和自转的合运动造成金星上的一昼夜长达117地球日，这就是说，在金星上不到两个金星日就是一个金星年。一年里只有两天，这也可以算是一个“宇宙奇观”吧！

由于金星有浓密的大气，所以在地球上看不见它的固体表面，通过金星探测器得知，它的表面有约60%的平原，大部分地区覆盖着一层约1米厚的“浮土”，有很壮观的峡谷，最大的“金星大峡谷”宽280公里，深2.9公里，长2250公里；有很高的山峰，它的麦克斯韦尔山有11278米，比地球上的珠穆朗玛峰还要高出二千多米，可能是行星中最高的。

四、曾怀疑有生命存在的火星

火星，中名“荧惑”，它的火红色非常引人注目。火星是地球的另一个近邻，它比太阳系中任何其它行星都更象地球。

它的体积为地球的0.15倍，质量为地球的0.107倍，都比地球小，但它在许多方面与地球相似。火星有大气包围着的固体表面，它与太阳的距离为1.5个天文单位，一个火星日为24小时半，一个火星年约为687天。火星赤道面与轨道面交角为 24° ，所以说火星上也有昼夜长短和四季变化，不过每季的时间比地球长一倍。火星地表平均温度为 -40°C ，赤道地区中午温度可达 27°C 。两极地区最低气温可降到 -139°C 。火星上比较暗黑的区域，颜色随季节发生深浅的变化，象是植物在生长和凋零。因此，火星上是否有生命，甚至是否存在象地球上的人这样有智慧的高级动物，是长期以来人们十分感兴趣的问题。

人类总是希望能在地球以外找到自己的同类或其他生命形态。从生命存在的必备条件来看，火星的条件比除地球之外的其它任何星体要好些，所以它一直是人们探索地外生命富有吸引力的目标。一百多年前，有人报导曾观测到火星上的“运河”，后来美国天文学家洛韦尔在大量的照相和目视观测的基础上，画出了五百多条火星“运河”。并设想这些“运河”是“火星人”为了利用两极的冰雪，灌溉干旱的低纬地区开凿的。这种说法曾轰动一时。直到二十世纪七十年代火星探测器在火星上软着陆后证明，火星上有生命的观点是错误的。

火星大气极其稀薄，表面大气压约7.5毫巴。大气主要成分是二氧化碳，含量约90%，而氧、一氧化碳合在一起仅占0.1%，而地球大气氧含量达20%多，所以火星上严重缺氧。火星大气中水汽极少，平均为大气总量的0.01%，而地球大气中水汽含量达4%，如果把火星大气中水汽全部凝聚成液态水，覆盖在整个火星表面，也只能形成0.01毫米厚的水膜。火星上大部分水汽以冰的形式储存于极冠中，小部分分布在火星的土壤里。火星南北两极都覆盖着白色冰冠，厚达数公里，有明显的季节变化，冬季有所增长，夏季有所衰退。由于火星大气极端干燥，雨滴不能形成，火星表面也就没有液态水域。

火星和水星、金星不同的地方是，它反射出火一样的红光。令人想起战争中的流血，所以人们不太喜欢它。日本人把它叫做“灾难星”；西方把它叫做“马尔斯”，意即战斗之神。火星之所以呈火红色，是因为在它表面83%的区域上，覆盖着一层由氧化铁组成的红色沙漠。所谓氧化铁即铁锈，所以火星可以说是一个布满铁锈的世界。

火星有2个卫星，形状都不是圆球体，状似马铃薯，可勉强当作三轴椭球体。火卫一，三条主直径为27、21、19公里；火卫二，三条主直径为15、12、11公里。它们都是同步自转卫星，均以其一面向着火星。这两颗卫星是怎样产生的呢？有人说：火星和木星之间有许多小天体碎块，飞到火星近旁，就成了火星的卫星。火卫一和火卫二同时由美国天文学家霍耳，在1877年用美国海军天文台的65厘米望远镜发现的。

五、行星之王——木星

木星是一颗很明亮的行星，它的亮度仅次于金星。我国古代称木星为岁星，并用它来纪年。西方人则用希腊神话中最大的天神宙斯来称呼它。

在太阳系九大行星中，木星在许多方面都位居第一，不愧为行星之王。它的体积最大，是地球体积的1316倍；它的质量最大，是地球质量的318倍，是其它八大行星总质量的两倍半；它自转最快，九个多小时就自转一周；它的表面重力最强，是地球的2.6倍；它含氢最多，不仅厚厚的大气中主要是氢，而且大气层之下也主要是液态金属氢，木星基本上是一个氢的世界。

根据对观测资料的分析，确认木星没有固体表面，是一个液态的星球，主要成分是氢和氦，它们的比例类似太阳大气的氢氦比。木星中心有一个由铁和硅组成的固体核，中心温度可达2700℃。有人认为木星将来很可能发展为恒星，成为太阳的伴星，太阳系中第二个“太阳”。也有人有其他看法，认为木星的多余热量不可能是核反应产生的，因为它的质量不到太阳质量的0.1%，这正是行星和恒星的本质区别。

用肉眼来看，木星是一个庄重大方的行星，它慢慢腾腾地绕太阳运动着，大约12年巡天一周，每岁东移30°，所以我国古代把它叫岁星。木星有浓密的大气，如果用望远镜来观测可以看到大气中有一系列平行赤道、连续不断明暗交替的横条花纹，有的呈白色或红金色，有的呈红褐色。明亮的白色或红金色的云带温度低，是气体上升区，也就是木星云

层厚的地带，它们反射太阳光强，看起来就明亮。而红褐色的云带温度高，是气体下降区，所以这些区域大气厚度比较薄，反射太阳光弱，看起来就较暗。在木星的彩色云带中，还有各种色彩绚丽的斑块、斑点，其中最著名的是木星大红斑，它呈椭圆形，宽一万多公里，长约4万多公里。自从1655年天文学家卡西尼发现后，至今有300多年的历史了。从宇宙飞船发回的照片看，红斑深红色，象一团巨大的旋风，逆时针方向转动。一般认为，红斑是木星大气中的巨大旋涡，里面气浪翻滚十分激烈，气流中含有红磷化合物，从而使它呈红色。不过，至今木星大红斑成因这个谜仍未完全揭开。

木星磁场比地球磁场强20倍，磁层也比地球厚很多，有强烈的极光产生，是除地球外，太阳系里第二个具有极光的行星。最近发现木星有一个光环。厚度约30公里，宽约数千公里，由黑色碎石组成。光环约七小时绕木星旋转一周。

我们再来看木星的家族。木星共16颗卫星，木卫一至木卫五是规则卫星，其它都是不规则卫星。其中木卫一、二、三、四是伽利略在1610年用自己造的望远镜观测木星时发现的。木卫一离木星最近，向远排列顺序为木卫二、木卫三、木卫四。为纪念这位伟大的科学家，人们将这4颗卫星统称“伽利略卫星”。但是，据考证，我国战国时期天文学家甘德用肉眼看到了木卫三，这比伽利略早二千多年。

木卫一基本上是岩石结构，距木星平均距离42万公里，直径为3600多公里，质量为890亿亿吨。1973年发现，木卫一存在有钠气体等构成的大气。这些气体弥漫在木卫一轨道上，构成一个环状钠云。1979年3月5日，“旅行者1号”在不到一周的时间内，发现木卫一上有8座火山正在猛烈喷发。火山活动的规模十分惊人。

木卫二距离木星平均为67万公里，直径约3000公里，质量为本卫一的0.55倍。“旅行者1号”发现木卫二也具有岩石结构。表面除了覆盖着砂砾和土壤外，其余大部分都是由水冰覆盖着。部分地区还有盐和硫磺覆盖。木卫二表面温度为 -173°C ，尽管它如此冷酷，但它的性格却非常温和，很可能有生命的活力。它有一张“小嘴”，吐露着生命的信息。这张小嘴就是木卫二表面上的大裂缝：宽70公里，长1600公里。美国航宇局研究中心的科学家雷诺和史夸尔斯宣称：那条大裂缝内可能有生命存在，因为那儿有大量的水，受到足够的阳光照射，具备生命存在的压力和温度条件。他们认为，那儿的生命形式可能是微小的细菌有机体和单细胞植物。

木卫三是太阳系最大的卫星，它是一颗和月亮相类似的天体。距木星的平均距离为107万公里，直径约5150公里，质量为本卫一的1.67倍。在伽利略卫星中，它是最大的一颗。表面岩石和硅矿物不超过15%，其余都为冰冻的水、氨和甲烷构成。部分地区被盐和硫磺覆盖着。“旅行者1号”发现木卫三有十分明显的环形山、山脊和峡谷。

木卫四距木星的平均距离为188万公里，直径约为3000公里，质量比木卫一略大，表面结构与木卫二和木卫三相同。它朝着太阳的一面，几乎到处都是环形山。在伽利略卫星中，它的轨道偏心率最大，运行周期也较长。

六、比水还轻的土星

土星，中名“填星”，它的个头比木星稍小，在九大行星中居第二位。它的体积是地球的745倍，直径是地球的九

倍半，真是一个庞然大物。但是土星的平均密度很小，只有0.7克/立方厘米，比水还轻，是太阳系内唯一的一颗可以漂浮在水上的行星，也是九大行星中密度最小的一颗行星。由于密度小，所以它的质量只是地球质量的95.18倍。

土星离太阳平均有14亿公里，绕太阳公转一周需用29.5个地球年。土星自转速度特别快，约10小时40分自转一周。所以它和木星一样，其形状呈扁球体。它的两极半径与赤道半径之比是0.912，这又使土星在九大行星中获得了一项第一名——最扁的星球。

土星也是一颗由氢和氦组成的星球。土星的化学组成很象木星，不过氢的含量少些。关于土星的内部结构，一般认为土星有一个直径20000公里的岩石核，核外包围着5000公里厚的冰壳，再外面是8000公里厚的金属氢层，金属氢之外是分子氢层。“先驱者11号”探测器发现土星内部也有热源，它辐射的能量是它接收太阳热量的2.5倍。土星上有大气，大气主要成分是氢、氦、甲烷和乙烷等。土星也象木星一样被大气中的云带所环绕，但没有木星的云带艳丽。云带主要由氨晶体构成。云顶温度为 -170°C 。行星表面温度为 -140°C 。

土星光环最早由伽利略提出。当初他通过自制小型望远镜模糊地看到了土星的左右两侧似乎长着两只“耳朵”，后经惠更斯证实为土星光环。它位于土星的赤道面上，从地面观测得知土星光环有5个。1979年“先驱者11号”又探测到两个新环。环是由直径介于4厘米和30厘米之间的冰块构成。这些冰块可能是表面包了一层冰的固体块。光环宽67000多公里，能并排放下五个地球。

土星是科学家和天文爱好者最喜欢观测的星星之一，在望远镜里人们可以清楚地看到土星的扁球体和它的赤道面。

上环绕着发出柔和的白色光辉的光环。有的时候土星就象一个冠冕，那美丽的光环就象是帽沿，人们形容它象是一顶美洲巴拿马帽。它是那样的美丽、协调，就象一个完美的艺术品，凡是看到过土星的人无不为之惊叹。

土星是太阳系中拥有卫星最多的一颗行星，卫星总数达23颗之多。它们组成了一个大家庭，就象是一幅太阳系的缩影。除土卫八和土卫九以外，都是规则卫星，以近圆轨道在土星赤道面上绕土星顺向旋转。其中体积最大的是土卫六，它的直径为4828公里，是太阳系第二颗大卫星，比水星、冥王星还大。它有非常稠密的大气，是太阳系中唯一具有丰富大气的卫星。土卫六大气，非常类似所有行星形成后不久都可能存在的那种状态，大气中有氮、碳、氢三种基本成份。其大气层比地球大气层稠密得多，大气压为地球的1倍半，表面温度为 -180°C 。在土卫六云层的顶部发现了生命前的分子——氢氰酸分子。在30亿年前，氢氰酸分子对地球上的生命是不可缺少的。结合土卫六表面有岩石，可能有温室效应。这些现象，有人认为可以把土卫六看作是一颗冷冻的类地行星，可能在土卫六上能找到地球早期生命开始的某些线索。目前，这颗卫星正在引起人们的重视。虽然现在尚未证实土卫六大气中有生命存在，但至少存在着生命的先驱。

七、躺着转动的天王星

天王星是英国的威廉·赫歇尔在1781年用自制的望远镜发现的。它距离太阳有19.28天文单位，太阳发出的光到达天王星上，需用2小时38分钟。天王星是一个体积很大的行星。它的赤道半径约25900公里；体积为地球的65倍，仅次

于木星和土星，质量相当于地球的14.63倍；密度较小，为1.24克/立方厘米；表面重力加速度为9.8米/秒²，和地球差不多。⁶但天王星的表面上逃逸速度大到21.8公里/秒，对于气体来说，很难达到这样高的速度而跑离这个星球，因此在天王星上有一层浓密的大气。大气主要成分是氢和氦，其次是甲烷和氨等。大气层中有云层，在厚厚的云层下，是我们观测不到的天王星表面。

据推测天王星有一个岩石和金属核心，核心以外是由水冰和氨冰组成的冰幔。冰幔以外是分子氢层，再向外就是厚厚的大气层，大气质量约占行星总质量的20%。

天王星最引人注目的是它在轨道上运转时的姿态。九大行星中的其它行星在绕日公转时，大多是稍带一点倾斜，它们的赤道平面与绕日公转轨道平面的交角一般不超过90°，但天王星则比较特殊，它的赤道面与轨道面的交角高达97°55′，其自转轴几乎倾倒在轨道面上，北极俯倒在轨道面以下7°55′，南极却仰起在轨道面之上7°55′。因此，它的四季、昼夜同地球上的大不相同。

天王星躺着转动的姿态，产生了天王星上奇异的四季现象。天王星躺在公转轨道上，一边前进一边滚动着，每滚动一周约为15.5小时，而绕太阳公转一周需用84年。由于这种奇特自转方式，使天王星上的季节、昼夜变化极为特殊。天王星的两极地区差不多可以被太阳直射着。在天王星的一年里，太阳轮流地照射它的南极和北极，当太阳照射它的一个极时，这个极所在的半球是夏季，太阳总不下落，没有黑夜。这时的另一半球正处在漫长黑夜所笼罩着的寒冷的冬季。在一个天王星年里每极都经历一次夏季和冬季，这两个季节每隔42地球年交替轮回一次。这里所说的夏季和冬季，

仅仅是用来区别它接受阳光照射，还是背着阳光。天王星离太阳很远，所以太阳照到天王星上的光极其微弱，大约只有地球接受太阳辐射的千分之三，表面温度只有 -211°C 。从天王星上看到的太阳只有我们看到太阳的二十分之一大小，即使在受到阳光照射的夏季也是十分寒冷的。

1977年3月10日，利用天王星掩恒星的机会，中国、美国等五个天文台共同观测到了天王星光环。现已证实至少有10道光环。从拍摄的照片得知，光环是由许多小固体块组成的，可能含有冰块和石块。这是半世纪以来，太阳系研究中的一个重大发现，它给这颗遥远的行星增添了新的光彩，打破了土星是太阳系内唯一具有光环的行星的“霸主”地位。

天王星原有5颗卫星，它们都是规则卫星。都在接近圆形的轨道上绕天王星运动，轨道又都在天王星的赤道面上，同天王星的公转轨道平面几乎垂直。其中天卫三、天卫四最亮，是威廉·赫歇尔用自制的望远镜于1787年发现的。天卫一和天卫二是英国的拉塞尔于1851年发现的。离天王星最近的天卫五，由美国的柯伊伯于1948年用照相方法发现。

1986年1月，“旅行者2号”行星探测器在接近天王星时又发现了10颗新的卫星。这样天王星卫星的总数由五颗一下增加到15颗。这些新卫星比已知的5颗“老卫星”小得多，直径最大的130公里，最小的只有15公里。因此在地球上未能捕捉到它们的踪影。

八、第一颗由计算确定的行星——海王星

1781年发现天王星以后，天文学家对天王星的观测从未

中断。但是，不久便发现天王星的实际运动与万有引力定律计算出的运动轨道总是不相符。而且偏差越来越大，它引起了天文工作者的不安。到底是什么原因产生这种偏差呢？当时有人认为，天王星这种“越轨”原因一定是受了在它外围的另一大行星的干扰。当这颗未知的行星在天王星前面时，吸引力便拉着天王星向前，当它落后于天王星时，则拖着天王星向后，从而使天王星的运动时快时慢。果然，在1845年，英国23岁的青年学生亚当斯和法国青年天文工作者勒威耶几乎同时计算出了这颗未知行星的轨道和质量，柏林天文台的天文学家伽耳根据法国人勒威耶的计算数据，于1846年9月25日晚发现了这颗大行星，离算出的位置，相差不到1度。后来被人们命名为海王星。所以海王星的发现被人们称作是数学笔尖上的功绩。

海王星公转轨道半径约30个天文单位，是日地距离的30倍。海王星上看到的太阳是我们所看到太阳的三十分之一。太阳发出的光射到海王星，需要4个多小时，太阳给海王星的热量也少得可怜，仅仅只有地球所得到太阳热量的千分之一。因此它表面温度很低，有效温度在零下230℃左右。在地球上看来海王星很暗，亮度只有7.85等，肉眼是看不到的，必须使用望远镜才能看到这颗淡蓝色的行星。

海王星的赤道半径是24750公里，是地球赤道半径的3.88倍。海王星体积约为地球的57倍，质量为地球的17.2倍，平均密度1.66克/立方厘米。海王星的自转周期为18.2小时，绕太阳公转一周为165个地球年。赤道面与轨道面交角达28.8°，比地球大5°多，所以它也有昼夜交替和四季变化。但它的一昼夜比地球短6小时，它的四季变化周期不是地球上的一年，而是地球上的165年，它的四季温差要比地球小的多。

由于公转轨道漫长，公转速度又小，所以从海王星发现到现在，它还没有绕太阳运行完一周。如果我们在海王星上生活一年，地球上就已经过去165年了！它的一“年”比我们的一生还长，在海王星上我们还活不到一岁。

海王星的内部结构，现在倾向性的看法是它与天王星相似。认为它有一个质量和地球差不多的核，由岩石组成，核外是质量较大的冰包层，据推测这个冰包层厚达8000公里。冰包层外面被浓厚的淡蓝色大气包围着，大气由氢、甲烷和氨等气体组成。海王星的表面特征与天王星一样，至今还不清楚。

海王星有没有光环？这是人们关心的问题。1980年8月21日观测海王星掩星时，澳大利亚发现在海王星赤道上空2500公里处有一个光环。1981年5月10日和5月24日又发生了两次海王星掩星事件，各国科学家组织了较大规模的观测，观测结果表明未发现光环。因此，海王星是否存在光环一直未得到证实。当然，发现行星光环的最有效的方法是行星际探测器。1979年“旅行者1号”探测器在接近木星时发现光环。1989年8月“旅行者2号”飞临海王星，果然发现了围绕海王星的光环。探测结果表明，环绕海王星运行的主要有3条光环和1条尘埃薄片环。其中有两条光环最亮。海王星的另一条光环比两条亮环离海王星还要近些，但是它很松散，宽度大约有2500公里。尘埃薄片环在两条亮环的中间，它的边缘比其它部分稍亮一些，因此人们给它起了个很形象的别名叫“托盘”。观测表明，除了“托盘”环以外还有一些不太显眼的环也都含有很丰富的尘埃并且发光。“旅行者2号”还发现海王星最外面的一条环的物质密度分布不均匀，其中有三段环弧所含物质比其余部分要多的多。另

外，探测结果表明，海王星有磁场。这个磁场和它的自转轴之间有一个大约50度的倾角。海王星磁场中带电离子的密度，比木星、土星和天王星低。在海王星的磁层中，探测到的等离子体有氢离子、氦离子和氮离子。在“旅行者2号”接近海王星的时候，飞船的天线还接收到了射电爆发的噪声。尽管人们对产生这些射电信号的确切原因还不清楚，但是很明显它是从海王星上或是从它的磁场中爆发出来的。有趣的是，这种爆发每隔16小时3分钟爆发一次，就象时钟报点一样规律。这种旋转磁场信号揭示了长期以来人们一直在寻求的海王星自转周期。“旅行者2号”还发现海王星上的天气变化异常。让气象学家不解的是，海王星上空的风至少以325米/秒的速度向西刮着，掩藏在海王星风里面是几个巨大的旋涡。其中最大的一个有地球那么大，人们叫它大黑斑。这个大黑斑大约十天逆时针旋转一周，它成了海王星云层中的一个空洞。科学家们通过这个空洞看到了海王星上空的甲烷包层。经过研究，科学家们还发现逆时针旋转的大黑斑是海王星大气层的高压区，在这个高压区的巨大压力下，大黑斑上面50公里的地方有一些象卷云一样的云朵。另外，在海王星大气的平流层和对流层中还有不少伸展着的浓缩成白云的羽毛状物质，它们分别含有高浓度的甲烷和氢硫化物。

迄今科学家们已发现8颗海王星卫星，其中6颗是“旅行者2号”最新发现的。新发现的6颗卫星暂时命名为“1989N₁”、“1989N₂”、“1989N₃”、“1989N₄”、“1989N₅”和“1989N₆”。估计它们的直径在96公里~250公里范围内。这6颗卫星正在圆形赤道轨道向海王星自转方向移动，属于顺行卫星。这就是说，海王星的周围有8颗月亮

在围绕它转圈。新发现的卫星当中，有一颗比海卫二还大，它上面有一个巨大的陨石坑，表明这颗卫星过去曾经被陨石撞击过。

海王星的最大卫星海卫一，是在发现海王星的同年由英国的拉塞尔发现的。它是太阳系中较大的一颗卫星，半径约1900公里，比我们的月球大。质量为 $(3.4 \pm 2) \times 10^{26}$ 克，是太阳系中质量最大的卫星。“旅行者2号”探测器这次考查中，重点探测了海卫一，发现它比科学家们原先想象的更亮、更冷，是太阳系中最冷的一个天体，它的表面温度大约只有 -240°C 。海卫一的平均密度是2.03克/立方厘米，大约是水的密度的2倍。因此科学家推断，海卫一是由冰和岩石混合而成的，而不是象以前那些天文学家预测的那样由纯冰组成。科学家还发现海卫一上有几座曾经喷出冷溶岩的冰火山，有的还是活火山，它喷出的弹冰微粒高达32公里。这个发现使海卫一成为太阳系中存在活火山的第三个天体。其它两个是地球和木卫一。特别值得一提的是在天体上发现冰火山这是第一次。科学家们认为海卫一上的冰火山喷发，是由海卫一内部的液氮的巨大压力引起的。另外，海卫一上还分布着很多断层、细长的山脊和各种冰结构，这表明某个时期海卫一上可能发生过地震。海卫一上空有一层由氮气组成的大气层，海卫一还可能存在液氮海洋和冰湖。这些情况都说明海卫一上可能有过长达10亿年的活跃的地质活动期。海卫一在离海王星354000公里的圆形轨道上沿顺时针方向绕海王星旋转，是一颗逆行卫星。它的自转与公转同步，因此它和月球一样，总是以同一半球面朝着海王星。

海卫二是美国柯伊伯于1949年发现的。它是一个较小的卫星，半径约为120公里，质量至今尚未测出。它距海王星

的平均距离为551万公里。海卫二是顺行卫星，椭圆轨道很扁，偏心率约为0.75，在太阳系所有卫星中轨道是最扁的一个。总之，海卫一和海卫二很不相同，它们一近一远、一大一小、一逆行一顺行、一个轨道圆一个轨道扁。

九、太阳系的边疆卫士——冥王星

1846年发现海王星后，科学家们又详细地修正了天王星的轨道。但天王星的实际运动，总是和计算的数字稍有偏离，不仅如此，人们又发现海王星的运动也不正常，这到底是怎么回事呢？因此人们又大胆推测：在海王星之外还有一颗大行星。由于它的存在，干扰了天王星、海王星的运动。

当时有不少天文学家都仿效勒威耶和亚当斯的方法，想用计算的方式去推算出海王星外的未知行星。美国的洛韦尔于1905年完成了预测推算，并且开始用照相方法寻找。其他天文学家也在努力搜索着，但谁也没有看到它的影子。1916年洛韦尔去世了，观测员汤博继承他未成的事业继续找寻，终于在1930年1月21日在双子座中找到了这颗新的行星。为了找寻这个行星，前后整整用了25年的时间。但是天文界对这一发现有很大争议，除了冥王星实际轨道与预测的有差距外，亮度也比预测的暗得多，而且它的质量也太小了，不足以引起天王星和海王星发生那么大的摄动。因此有人认为，这一发现不能看作是计算的功劳，仅仅只是偶然的巧合。

由于这颗新行星离太阳十分遥远，在那里是一个黑暗寒冷的世界，它使人们想起了阴森森的地狱，因此西方人用地狱之王普路同的名字来称呼它。译为中文就是冥王星。

冥王星的公转轨道半径约40个天文单位，是太阳系九大行星中距离太阳最远的一颗行星。它的轨道非常扁，偏心率大到0.25，轨道与黄道面的夹角高达 $17^{\circ}12'$ 。它在近日点距离太阳约30个天文单位，比海王星离太阳还近，这时，海王星就成为离太阳最远的行星了。也许有人会问海王星和冥王星的轨道会不会相交？这两颗行星会不会相撞？它们是绝对不会撞到一起的。因为冥王星轨道面与黄道面交角达 17° 之多，冥王星绕太阳159圈才会有一次与海王星靠近的机会，它们就象在立交桥上行驶的车辆一样，各自飞驰而过绝不会相撞。

在太阳系各行星中，冥王星公转速度最慢，只有4.7公里/秒，只是地球的0.16倍。公转周期最长，绕太阳一圈竟需要248年。所以它在星空中移动极其缓慢，同恒星几乎没有多少差别，它从发现到现在才走了1/5圈。冥王星的自转周期为6.3867天，赤道面与轨道面交角大于 60° 。它的自转和天王星的自转方式很相象，也是倾倒在轨道面上的大行星。

冥王星半径约1350公里，质量只有地球质量的0.0024。体积和质量不但小于水星，而且小于月球。在太阳系中冥王星排不上老九，它只能列在第十六位上。

冥王星远离太阳热源，太阳光到冥王星需要走5个多小时。冥王星上看太阳，它的直径还不及地球上看到的太阳直径的五十分之一。它接收到的太阳辐射仅及地面上接收太阳辐射的万分之六，估计冥王星向日面温度约为 -230°C ，背日面温度约为 -260°C 。其表面绝大部分物质都凝结为固态或液态，只有氢、氮等可能是气态，因而冥王星表面覆盖着一层甲烷冰层，大气极为稀薄。

冥王星实在太遥远了，它的质量又很小，表面极度寒冷。在那里不存在热作用和分化作用，基本上还保持在四、五十亿年前它刚诞生的形态。因此对冥王星的研究，可以帮助我们了解太阳系的早期历史。

冥王星有一颗卫星。是美国海军天文台的克里斯蒂于1978年6月22日发现的，命名为“查龙”。它的直径约为800~960公里，质量是冥王星的4~10%。“查龙”绕冥王星运动的公转周期，恰与冥王星的自转周期相同，均为6.387天，是太阳系中唯一的同步卫星。因此，在冥王星上看到“查龙”是一个静止不动的大月亮。它总是悬挂在赤道上空在同一地方，不升也不落，而在另外一些地方则永远见不到这颗卫星。这真是行星世界中一个十分奇特的景象。

十、用肉眼辨认行星的方法

夜幕降临，繁星点缀苍穹，在这熠熠发光的群星之中，有太阳系内用肉眼可见的六颗行星。经常可以看见的是金星、火星、木星和土星，而水星和天王星只有在最有利的情况下方能看到，至于海王星和冥王星肉眼是绝对看不到的。那么怎样才能把它们从众多恒星中区分出来呢？下面就从五个方面来介绍辨认行星的方法。

（一）行星出现的天区

行星绕太阳公转的轨道不在同一平面上，而是彼此斜交的。如以地球轨道面（即黄道面）为准，各大行星的轨道倾角列于下表。

从表中数据可知，肉眼可见的行星与黄道交角都在 7° 以内，亦即它们总是在黄道上下 7° 以内的天区出现，而在

行星	水星	金星	火星	木星	土星	天王星	海王星	冥王星
倾角	7°	3°24′	1°51′	1°18′	2°29′	0°45′	1°46′	17°12′

其它天区是不可能出现的。因此，只要我们在黄道12个星座中发现明亮而又不属于黄道星座中的星体，它就有可能是行星了。

（二）从亮度和颜色鉴别

恒星的亮度有明有暗，行星也是如此。下表列出大行星最亮时的目视星等及颜色。

行星	水星	金星	火星	木星	土星	天王星	海王星	冥王星
星等	-1.9	-4.5	-2.9	-2.5	-0.4	+5.7	+7.6	+15
颜色	青白	金黄	火红	橙黄	土黄	黄	兰	

从表中所列星等可知，水、金、火、木、土五颗行星都比1等星还亮，它们出现是易于引人注目的。特别是金星，除太阳和月亮外，它是全天最亮的星体，其明亮程度，可以照物生影。在黄道上下7°以内的天区中，它比所有的亮星都亮得多。在全天区中可以与它媲美的是全天最亮的恒星——天狼星（大犬座 α 星），-1.45等，和第二亮星——老人星（船底座 α 星），0.73等。但这两颗星都在天赤道以南，距黄道甚远，不易混淆。而天王星在最亮时近于6等，肉眼难以辨认，一般不寻找它。

行星的颜色可以帮助我们确定它们是哪一颗行星，例如水星为青白色，金星为金黄色，火星为火红色，木星为橙黄色，土星为土黄色。

(三) 用光稳度区分

恒星的光有闪闪眨眼的现象，表明它们的光不稳定，而行星的光比较稳定。原因是恒星离地球太远，无论是肉眼还是用望远镜观察都是点光源。点光源的传播受地球大气抖动的影响很大，容易出现波动、闪烁现象。行星离地球较近，用小望远镜就可以看出它们的圆面。或者说，对于地球上的观察者，行星是面光源。面光源可以当作由许多点光源集聚而成的。所以行星的光稳度比恒星为高。因此利用星光的稳定与否是区分行星还是恒星的重要标志。

(四) 按视位置判别

行星的“行”是相对于恒星的“恒”而言的。恒星之间的相对位置短期内基本上保持不变，但行星却不是这样。由于行星与地球一起都围绕着太阳公转，它们的角速度各不相同。所以，它们在恒星当中就不可能保持一定的相对位置，有的在几天之内就可看出其相对恒星的位移。例如，金星和火星就移动得相当明显。下表列出各大行星的公转角速度：

行星	水星	金星	火星	木星	土星	天王星	海王星	冥王星
公转 角速度	4°5′ /日	1°36′ /日	31′/日	30°21′ /年	12°13′ /年	4°17′ /年	2°12′/年	1°29′/年

人们在地球上看到行星的运动，很容易发现它们有两种运动：

1. 行星运动总的趋势是以恒星为背景在黄道天区内向

东移动，形成在天球上相互“追逐”的局面。

2. 行星以黄道天区的恒星为背景，其视位置的移动，有时向东“顺行”，有时“停留”不动，有时向西“逆行”。以金星和火星最为显著。

据此，如果我们发现在黄道天区内，位移快的金黄色的亮星就是金星，位移较快的火红色亮星一定是火星；位移较慢的橙黄色亮星是木星，慢慢移动的土黄色亮星是土星。

（五）从出现方位和停留时间判断

地内行星总是以两种姿态出现在地平以上，或黎明前出现在东方，或黄昏后出现在西方。水星距太阳的视角度小，最大只有 28° ，距太阳较近，在它出现时，容易被地球大气散射的太阳光所湮没，不易看见。金星距太阳的视角度可达 48° ，它出现时，在地平以上停留时间最长可有3个多小时。金星非常明亮，位众星之首。由于地内行星与太阳的视角度有限，所以它们不可能出现在于午圈及其附近的天区中，或者说，我们在深夜间是不可能看到水星和金星的。

对于地外行星，它们相对太阳的视运动，不仅可以相合，而且可以相冲。合日，行星和太阳在同一方向上，我们看不到它们；冲日，行星和太阳分别位于地球两边，当太阳在西方落下时，它们从东方升起，可以出现在子午圈及其附近的黄道天区中，因此，整夜可见，在地平线以上停留的时间也最长。其它日期，通常从合到冲，下半夜可见；从冲到合，上半夜可见。

总之，我们只要在黄道上下 7° 附近的天区中，根据所见大行星的亮度和颜色、光稳度、视位移的情况，出现的方位和在地平线以上停留的时间等方面，完全可以从众多的恒星中辨认出是哪一颗行星来。

第五章 地球和月球

地球是一颗行星。对于人类来说，地球是我们生活的摇篮。由于人类生存在这颗行星上，所以它具有特殊的重要地位。是我们最关心的一个行星，也是研究得最为深入的一个行星。

月球是一颗卫星。它围绕地球运动，是距离我们最近的一个天体。因此，在所有的天体中也占有独特的地位。地球和月球二者组成一个最基本的天体系统——地月系统。

一、地球概况

（一）地球的形状和大小

人们对地球的认识，从不知到知，从错误认识到正确认识，经历了相当长的时间。在古代，人们由直观感觉形成“天圆地方”的概念。随着生产技术的发展，人类活动范围逐渐扩大，从而对地球形状的认识有了新的飞跃。人们通过在海边观察航船的情况和在月食时看到的地影等现象，初步产生了地是球形的猜想。还有人发现，登高远望，在100米高处，可看到38公里的远处。这个事实说明大地并不平，而是有一定曲率的。天与地虽然似乎相毗连，但无论走多么远，也无法到天地的尽头。于是人们对“天圆地方”产生了怀疑，但还找不到强有力的证据。直到1519年9月葡萄牙航海家麦

哲伦率领船队，经过两年多的艰苦航行，于1522年返回出发地，真正实现了环球航海，才向人们证实了地球确实是球形的！但最能说明问题的是1957年人类进入太空时代以后，人造卫星和宇宙飞船从空间或月球上拍摄的地球照片，把一个圆球形状的完整地球，才真正地呈现在我们面前。

但是人们对于地球的了解并未结束。经测量表明，地球并不是一个真正的正圆球体，而是一个稍微扁一点的椭球。从地表的外形来看，是极不规则的。从陆地上最高山峰珠穆朗玛峰到大洋最深的马里亚纳海沟，高度相差近2万米。为了便于科学研究，通常采用大地水准面近似地表示地球表面形状。大地水准面是把占地表3/4的海平面延伸穿过大陆所构成的一个封闭曲面。（图5—1）。



图5—1 大地水准面

大地水准面是一个假想面，实际上，大地水准面也是不规则的。北极略尖而凸出，比椭球面高出10多米；南极略肥而凹入，比椭球面凹进约30米。从整体看，好象一个“梨”的形状，我们一般把它当赤道隆起的椭球体看待。地球的赤道半径为6378.160公里，极半径为6356.755公里，平均半径为6371.229公里。地球赤道周长为40075.24公里，面积为510百万平方公里。其中陆地面积为149百万平方公里，占总面积的29.1%；水域面积为361百万平方公里，占总面积的

70.9%。地球体积为10830亿立方公里，质量大致为6亿亿吨。用地球的体积去除地球的质量，便可以得出地球的平均密度为5.517克/立方厘米。然而，地球表面岩石的密度只有2.7克/立方厘米左右，这就表明地球内部是由很重的物质组成的。

（二）地球内部状况

人们对地球表面是熟悉的，但它的内部构造即看不见又摸不着。目前世界深井记录刚过万米，只占地球半径的六百多分之一，所以我们不能用直接观察的方法来研究地球内部。只能根据火山喷发的物质，特别是根据地震波的资料来进行推测和判断。

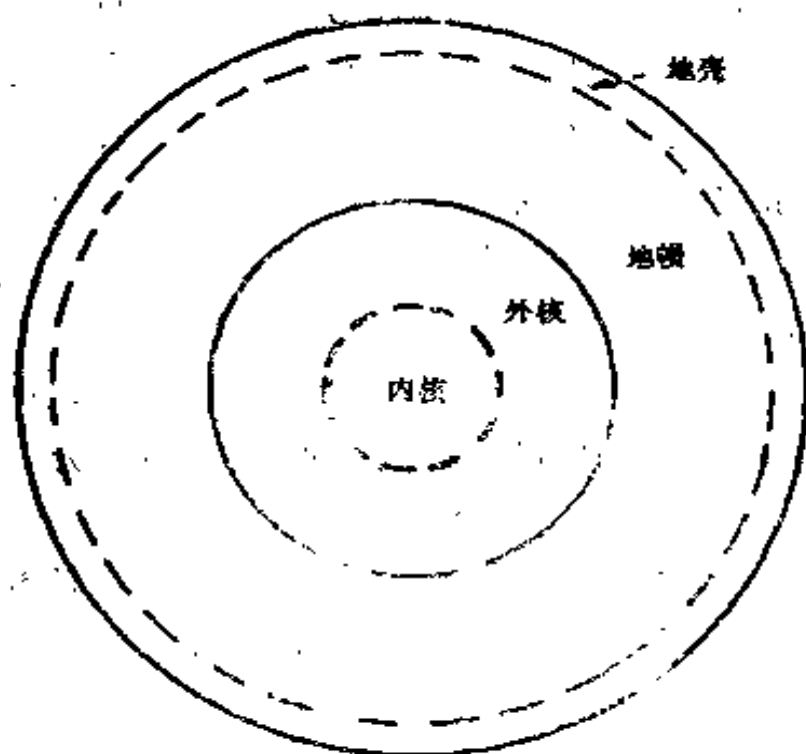


图5—2 地球的内部结构

如图5—2所示，在地球表面以下的整个地球大致可分为

地壳、地幔和地核三层。地壳平均厚度33公里。从地表以下，深度每增加33米，温度约升高 1°C 。地幔的厚度约为2900公里，温度高达 2000°C ，压力高达几十万个大气压，平均密度为4.5克/立方厘米。这一层的总质量占地球全部质量的30%，主要有铁、硅、镁等元素。地幔层以下至地球中心部分为地核。地核本身又分为外核和内核两部分，温度超过 5000°C 以上，压力超过360万个大气压，密度高达10克/立方厘米，主要由铁、镍元素组成。

（三）地球的大气

地球表面被大气包围着。大气是由氮、氧、氩等多种气体混合而成。其中氮占78%，氧占21%，其余为其它气体。大气是随着高度的增高而趋于稀薄，逐渐向行星际空间过渡，没有明显的上部界限。地球大气的全部质量只有地球质量的百万分之一，但它的作用却是极其重要的。由于地球引力的作用，大气的分子有80%集中在距离地面10公里左右的范围以内。人们沿大气垂直的方向，提出各种分层方法。根据大气的温度随高度垂直分布的特征，通常把大气划分为五层，即对流层、平流层、中间层、暖层和散逸层，即如图5—3所示。

对流层是地球大气中最底的层，其底界是地面。对流层的厚度随地理纬度的不同而不同，低纬度地区为16—18公里，中纬度地区为10—12公里，高纬度地区为8—9公里。同时，对流层厚度还随季节的变化而变化，一般说来，夏季厚，冬季薄。对流层有三个最主要的特征：①气温随高度的升高而降低；②空气对流运动显著；③一切天气现象（如云、雾、雨、雪）都发生在这一层。

从对流层顶到50~55公里高度是平流层。平流层的主要特征是：①气温随高度增加而升高；②水平运动为主；③水

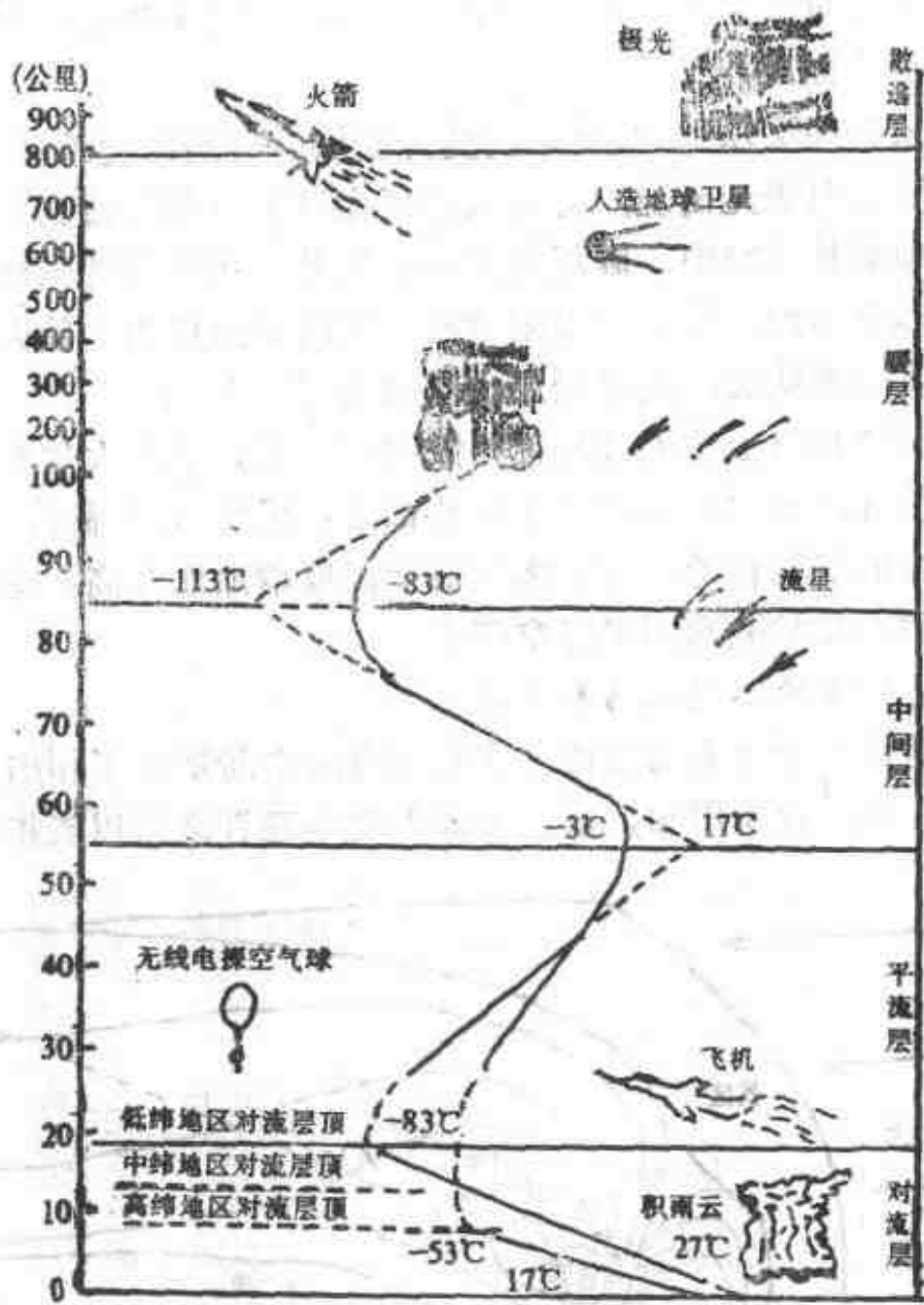


图5—3 大气垂直分层

汽少，大气平稳。

从平流层顶到85公里高度是中间层。当流星从外界空间进入这一层时，则大部分即行烧毁，不致撞击到地面上来。中间层的主要特征是：①气温随高度增加而迅速下降；②空

气作垂直对流运动。因温度下热上冷，气流不稳定，空气上下对流，因此，又称高空对流层。

从中间层顶到800公里高度为暖层。在高纬度地区这一层中时常有极光出现，有时人们可在黄昏或黎明看到它象帘幕似地悬挂在空中。暖层的主要特征是：①气温随高度的升高而迅速增加；②由于太阳短波辐射的强烈作用，使大气处于高度电离状态，因此暖层也叫电离层。

暖层顶以上的大气统称为散逸层。它是地球大气和星际空间的过渡带。散逸层的主要特征是：①空气极稀薄，只存在很少的空气粒子质点；②气温随高度增加而升高；③空气粒子质点经常散逸到星际空间去。

（四）地球的磁场和磁层

地球是个巨大的磁体，在它周围的空间形成了相当强的地球磁场。众所周知，放在地球上的小磁针之所以能指示方

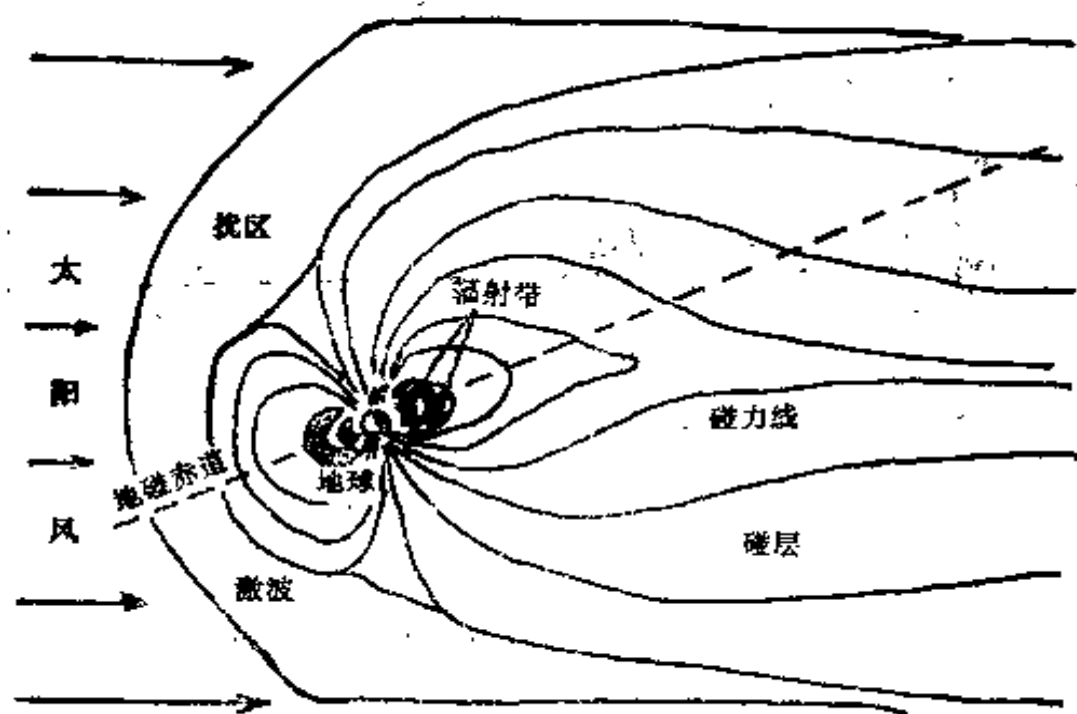


图5—4 地球磁层

向，就是由于受到地磁场的作用，其磁针的指向顺着地磁场磁力线走向的缘故。磁力线的方向就是磁针北端的指向。

地球的磁场，不仅存在于地球表面，而且伸展到很远的空间，深入到地球内部。它和在地球中心放一个大条形磁铁，而条形磁铁与地轴呈 11° 相交所产生的磁场相类似。

但是地球磁场的磁力线并不象条形磁铁那么规则。利用人造卫星在地球外层空间探测发现，由于太阳风的影响，地球的磁场被压缩在一个固定的区域内，这个区域叫做磁层。

磁层象一个头朝太阳的彗星，前面磁层顶大约距地球有10个地球半径远，尾部可以拖到几百个地球半径那么远。当太阳活动增强时，太阳风也增强，可以把磁层顶压到地球更近的距离。在磁层中，还有二个特殊区域，象两个汽车轮胎套在地球周围，那里充满高能带电粒子，叫做范·艾伦辐射带。磁层和辐射带好似地球的保护圈使地球上生物免受宇宙射线和粒子袭击的危害。

二、地球运动

地球在不停地运动着，它一方面绕轴运动，另一方面又绕日运动。这是地球运动的两种形式，即自转和公转。

（一）地球的自转

地球绕轴运动，就是它围绕自己的轴心——地轴旋转，叫做地球的自转。地球自转的方向，是自西向东的。从北极看来，它是逆时针的；从南极看来，则是顺时针的。

地球绕轴旋转时，地轴并不是直立的，而是有 $23^\circ 26'$ 的倾斜，也就是说，地球是“斜着身子”旋转的，有人把它叫做“侧身旋转”。由于这一倾斜，产生了一系列的后果。

每天人们都可以看到日月星辰东升西落，毫不错乱地自东向西旋转着。它们这种旋转运动称为天体的周日视运动。在古代，这种视运动曾令人迷惑不解，认为天空是一个巨大的圆，日月星辰都镶嵌在上面，天空不断旋转，从而使日月星辰也由东向西旋转着。虽然我国西汉末年已有“地动见于天动象”的观点，但当时科学水平有限，不能被人接受。直到16世纪中叶，哥白尼才提出了有关地球自转的科学论证，又经过多方面实验证明了地球在自转，从此科学的宇宙观开始逐步建立起来了。

那么既然地球自转着，为何我们生活在地球上的人感觉不到呢？这并不难解释：坐在高速平稳前进的车里，只看到车两旁的物体向后飞快移动着，如果你闭上眼或不向车外看，就感觉不到车在运动。还可以这样推理，在同样的时间内，转动一圈，如果圈越大，沿圈跑的速度就越大。那么，离地球1.5亿公里的太阳，要24小时绕地球转一圈，速度必须在每秒一万公里以上；离地球最近的恒星比邻星，则要达到每秒27.2亿公里以上，比光速还大9000倍，这是绝对不可能的。那么离地球更远的星体，转动起来的速度就更大了。所以，是地球在飞快地旋转着，日月星辰的周日视运动只是地球旋转的间接表现。

地球自转轴的两个交点在北极和南极，在自转中，它们总是原地不动，北极差不多正对着勾陈一（北极星）。这样看来，北极星总不动，每一天其它星都绕它转一圈。由此，在北半球的人们就可以利用它来确定方向。然而，北极星并不是永远不变的，再过11600年，北极星就变成现在的织女星。这是说，地球在自转过程中，地轴也是在缓慢地转动着。这种转动叫进动，也叫岁差，它的周期是2.6万年。这

种变动非常微弱，一般不予考虑。

按通常的说法，地球自转一周就算一天，是24小时。其实地球自转一周所需的时间不是24小时，而是23小时56分4秒，相差3分56秒。为什么会有差异呢？因为这中间有两个不同的计时概念，恒星日和太阳日（图5—5）。

恒星日指的是某一个恒星连续两次经过地球同一子午圈的时间间隔。也就是地球自转一周 360° 所需的时间（23时56分4秒）。是地球自转的真正周期。

太阳日就不同了，它是太阳连续两次经过同一子午圈的时间间隔，时间是24小时。因为地球自转的同时也在绕日公转，一年公转 360° ，一天平均公转 $59'18''$ ，这样，一个太阳日地球要比恒星日多转 $59'18''$ 才能回到原位置，也就是说一

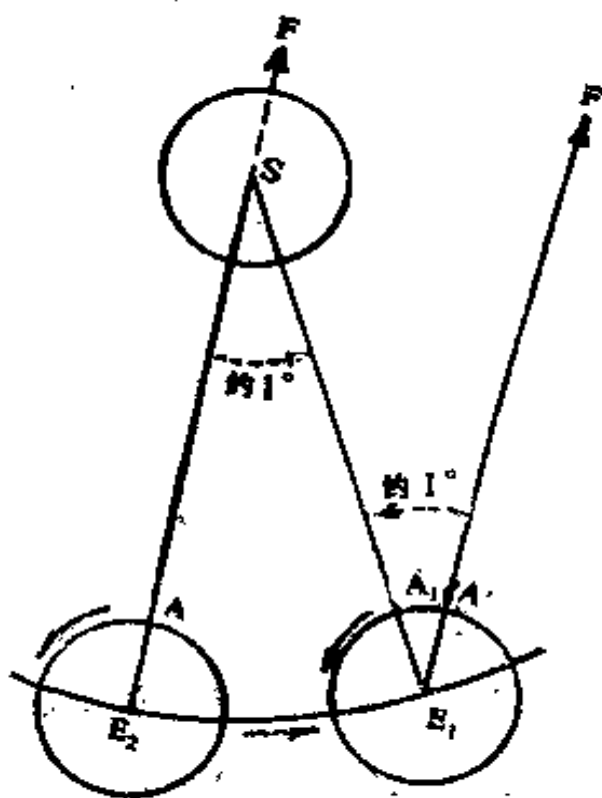


图5—5 恒星日与太阳日

个太阳日地球就要自转 $360^{\circ}59'18''$ 。不难看出太阳日是地球自转和公转的综合结果。恒星日虽然是地球自转的真正周期，但是人们一般不用，在生活中，我们常用的是太阳日。

地球自转时，转动半径在单位时间内所扫过的角度，叫做地球自转角速度。24小时转 360° ，每小时转 15° ，每4分钟转 1° 。地球表面除南北两极点外，任何地点的自转角速度都一样。

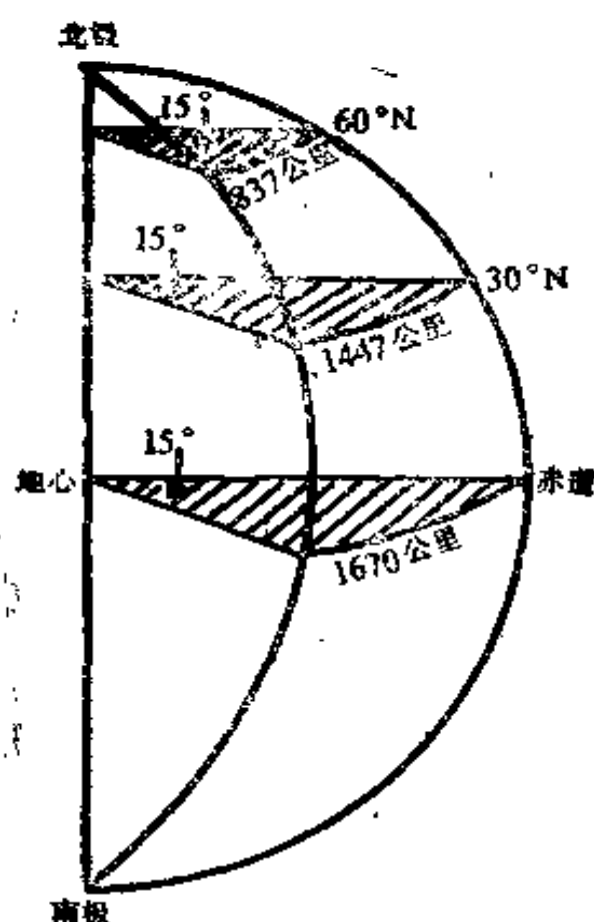


图 5—6 地球自转的角速度和线速度

地球自转时，转动半径在单位时间内所扫过圆周的 距离，叫做地球自转线速度。线速度则随各地纬线圈的长度而不同。纬度越低，纬线圈越长，地球自转线速度也就越大；

纬度越高，纬线圈越短，地球自转线速度也就越小。图5—6所示，在赤道，地球自转线速度最大，平均每小时旋转1670公里；在南北纬 30° ，每小时旋转1447公里；到了南北纬 60° ，减小到每小时837公里；到南北两极，就几乎不动了。北京市的自转线速度约每小时1314公里，即每秒钟365米。

自转线速度不仅随纬度不同而不同，又随高度不同而不同，空中大于地面，地面大于地下。赤道上，每上升或下降100米，线速度每小时增加或减少26米。线速度这么大，但地球自转也不会把我们甩出去，因为更强大的地球吸引力在紧紧地拉着我们。

地球自转速度并不是均匀不变的，也就是说一天中并不恒等于24小时。它在一年中因地球公转快慢不均而有微小的变化，从总的趋势来看，最明显的是逐渐变慢。在4亿年以前的早古生代时期，当时每昼夜只有21小时，而一年却有410多天。这是从那时形成的珊瑚化石中有400多条日纹而得知的。因为活的珊瑚每天都分泌一些碳酸钙，在它的石灰质躯壳上形成了细小的日纹，象现代的珊瑚每年就只有365条日纹。据估算，每百年一日之长增加0.0016秒。这种变化极其微小，在短期内不易觉察到。

（二）地球自转会产生哪些影响

1. 产生昼夜不停地交替现象

虽然我们感觉不到地球在飞速旋转着，但它却对自然界有着深刻的影响。最突出的影响就是形成了昼夜更替，由于地球的不透明性，使向着太阳的半球地区成为白天（昼半球），背着太阳的半球因被地球本身的阴影所笼罩而形成黑夜（夜半球），这样地球的自转使地球上某一地点产生昼夜更替，并且自转周期比较短，昼夜迅速交替，使地球表面白

天不至于过分炎热，黑夜不至于过分寒冷。这样的温度，有利于地球上各种生物的生存和发展。

2. 出现了不同经度地区时间上的差异

地球自转的第二个影响是产生时差。也就是使地球经度不同的地方时间不同，有的是白天，有的是黑夜，还有的是黄昏或早晨。由于地球每小时由西向东旋转 15° ，所以当某地是太阳位于正南时，它西面相差 15° 的地方，须得在1小时后才能见到太阳位于正南；此时，前者是中午12点，后者是上午11点；经度相差 15° 的两地，时间相差1小时。并且偏东的地方时间早。地球一周有 360° ，这样在某一瞬间，地球必有两地时间相差24小时，即日期相差1天。那么地球上用哪一条线来划分昨天和今天呢？人们规定 180° 经线做为今天和昨天的分界线，它也就是地球任一天的起点和终点。线的东边是昨天，西边便是今天，过线就更变日期。例如，线的东边是某一天的0点，而西边则是这天的24点，即第二天0点，由东向西过此线就要加一天，反之，要减一天。所以，这条 180° 经线叫国际日期变更线。时差在东西向旅行时，最容易感受到。你去烟台，就会觉得那里每天日出日落都要比太原早约35分钟，而去新疆城边喀什，则会感到晚两个多小时。

3. 产生了物体水平运动方向的偏向

地球自转的第三个影响对自然界的作用尤其强烈，它使得在地球上运动的物体，总是有偏离原来方向的趋势。人们假设这是一种力造成的，那么这种力就被叫做地转偏向力。它是由法国工程师数学家科里奥利首先研究和确定的，因而这种力又称为“科氏力”。它使垂直降落的物体向东偏；反之向西偏；使得水平运动的物体，在北半球向右偏；在南半

球向左偏，赤道无水平偏向。地转偏向力的大小随纬度的增高而增大，同时它还与运动物体的质量和速度成正比。一辆重8吨的车，速度为60公里/小时，如果在两极，受到的此力为1.98公斤；如果在太原市，为1.2公斤；如果在赤道上为零。虽然地转偏向力不算大，但是在长期作用下，对自然界的影响也很大。比如，北半球的河流大都是右岸陡，左岸缓；这就是地转偏向力使河水流向偏右，冲刷右岸的强度比左岸大所造成的。地转偏向力还使得单向行驶的火车右轨和汽车右面轮胎磨损得快，即使力量巨大的风和洋流也不能违背这个规律。它就是形成台风和龙卷风的因素之一。我们生活中就有很好的例子，当圆形的下水管泄水时，水都是逆时针旋入的，形成一个小旋涡；如果水不受地转偏向力的作用，它将垂直汇入，不会形成旋涡。在南半球由于地转偏向力，使得水平运动的物体是向左偏，所以，上述那些现象正好相反。

4. 对地球形状的影响

地球自转的第四个影响是对地球形状的影响。由于地球自转所产生的惯性离心力的作用，在赤道上线速度大惯性离心力也大，愈向两极线速度愈小，惯性离心力也小。于是，形成了地球赤道部分略微膨胀，两极略扁的球体。

（三）地球公转

不知疲倦的地球载着我们，在自转的同时，还以每秒约30公里的速度，按逆时针方向，奔驰在围绕太阳的公转轨道上。根据万有引力的作用，一个天体环绕另一个天体的旋转运动称为公转。地球环绕太阳的运动称为地球的公转。

地球公转轨道全长9.4亿公里，是一个十分接近圆的椭圆，长轴仅比短轴长万分之一点三四，太阳也并不是位于

椭圆中心，而是在其中的一个焦点上，所以日地距离时刻都在有规律地变化着。在公转轨道长轴两端，一个是远日点，一个是近日点；地球在远日点离太阳最远，约为1.52亿公里，每年7月4日前后通过；在近日点离太阳最近，约为1.47亿公里，每年1月3日前后通过。此时，可能有人会问近日点太阳离地球最近，为何天气反而是一年中最冷的？这是因为地球离太阳最近时所接受到的太阳光热虽然要比远日点多一些，但这个数量并不大，两者仅相差7%。决定地表气温最主要的因素是太阳高度和日照时间，由于这两者的变化可使冬、夏两季所获太阳热能最大相差在57%左右。

公元六世纪，我国北齐学者张子信发现：在一年中太阳运动有时快有时慢。实际上，这是地球公转速度不均匀。根据行星运动的开普勒第三定律：在相同的时间内，行星和太阳连线所扫过的面积相等。这样，在相同时间内，要想保证日地连线所扫过的面积相同，就必须在地球离太阳近时，跑的快一些，转过的度数大一些；离太阳远时，则相反。据计算，地球在近日点时，公转速度最大，约每秒30.8公里；远日点时，公转速度最小，约每秒29.3公里；全程平均每秒29.8公里，平均角速度为每天 $59'18''$ 。正是由于地球公转冬快夏慢的结果，使天文四季长短不等和太阳日的长短在一年内有波动。

在地球公转中，地轴与公转轨道面即黄道面有一个 $66^{\circ}34'$ 的交角，也就是地球赤道面与黄道面有 $23^{\circ}26'$ 的交角。这个交角称为黄赤交角。我们在第一章第四节天球和天球坐标系中，已介绍了天赤道和黄道的概念，这两个大圆在天球上相交于两点。它们分别叫做春分点和秋分点，两者的中点便是夏至点和冬至点（图5—7）。后两点是在天球

面与黄道面的交线上，这条交线就叫黄道。包括以上四点的黄道二十四个等分点，就是我国农历中的24节气。

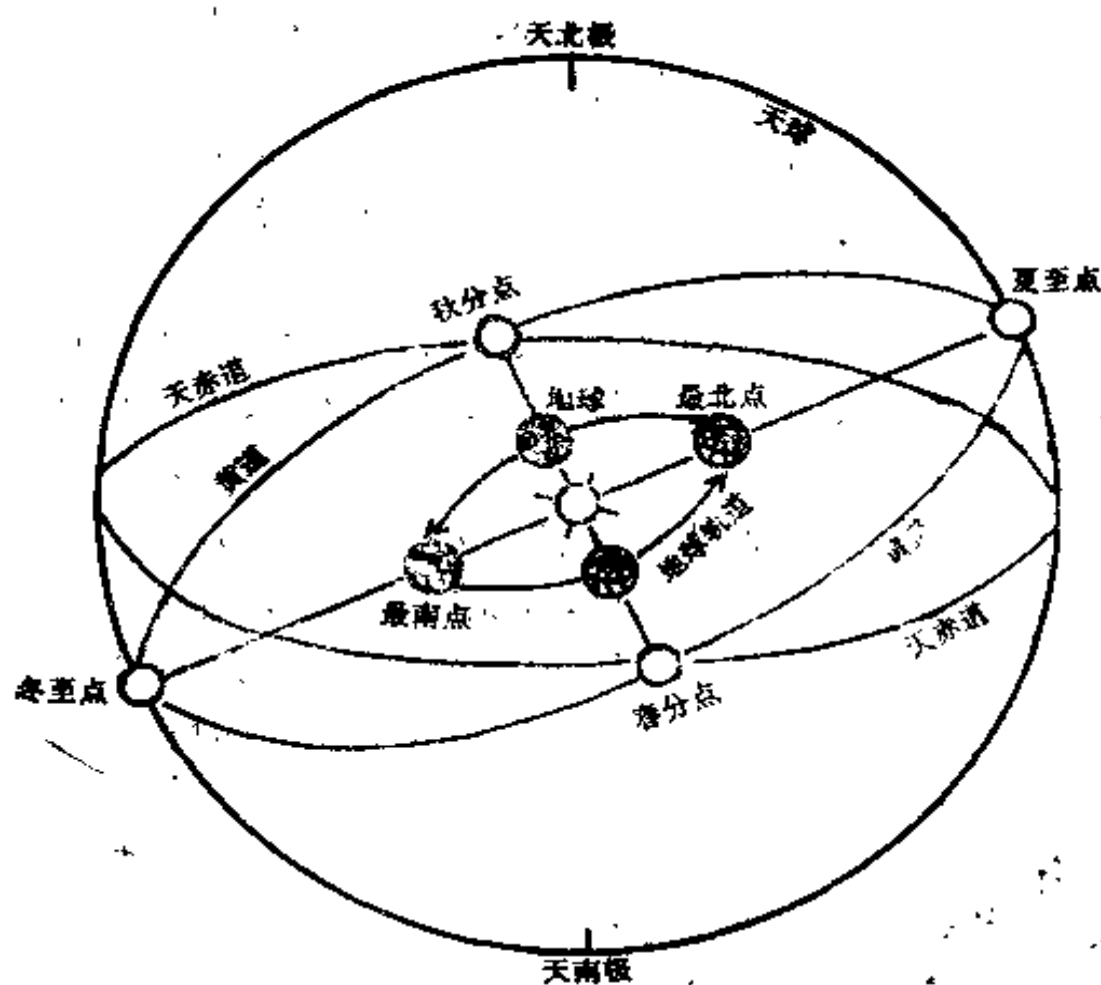


图5—7 地球公转和太阳回归运动

在地球上观察，黄道是太阳中心在天球上的周年视运动路线，也就是太阳每天在天球上缓慢向东移动路线。每年3月21日前后、6月22日前后、9月23日前后和12月22日前后，太阳分别通过春分点、夏至点、秋分点和冬至点。太阳的这种运动实际上是地球公转的结果。所以，太阳在黄道上运动一周的时间就是地球公转的周期。这是太阳在黄道上连续两次经过春分点所需的时间，也就是一回归年，为365日5小时48

分46秒。人们历法中的年就是回归年，由于它不是整数，从而导致了闰年的出现。

由于地球公转时，地轴指向始终不变，即黄赤交角一直存在着。所以，在每年的春分到秋分，地球的北半球倾向太阳。从地球以外来看，此时太阳位于地球赤道平面以北，北半球白昼区域大于黑夜区域，特别是北极附近全部在白昼区域内；然而在地球上来看，此时太阳直射在北半球，各地的正午太阳高度，也就是正午时太阳高度和地平面的交角，都是本区比较大的半年，而且每天都是昼长夜短，其中北极附近一天24小时全是白天，即出现极昼。这半年中的夏至这一天，以上几种现象都达到极点。例如，太阳直射在其直射范围的最北界线—北纬 $23^{\circ}26'$ ，即北回归线上，在北极圈（北纬 $66^{\circ}34'$ ）以北地区出现极昼。在每年秋分至第二年春分的这半年中，南半球处在与北半球上述现象相同的情况下，而北半球恰好相反，北极附近出现了极夜。然而在春分和秋分这两天，全球同处于以上各种现象变化的中点。比如太阳直射赤道，全球各地昼夜平分。

从天文学角度来说，夏季是一年中白天最长，正午太阳高度最大的季节；冬季是一年中白天最短，正午太阳高度最小的季节；春、秋两季则是冬夏的过渡季节。也就是说，天文四季分别以二分（春分、秋分）、二至（冬至、夏至）为中点，以立春、立夏、立秋和立冬为起点来划分的。所以说，在黄赤交角存在的条件下，地球不停地围绕太阳公转，太阳直射点也不停地在南北回归线之间来回移动着，使得地球表面随纬度不同，获得的太阳光热多少也不同。一般来说，日照长，获得的光热多；太阳高度角大，获得的光热也多。后者如同用手电筒照射，垂直照时，照亮的区域内亮度大，所

获的光热能多；而倾斜照时，照亮区域内亮度小，所获光能少。

地球上南北回归线之间，获得太阳光热在整个地表是最多的区域，因而被称为热带；在南北极圈以内，太阳照射角度很低，获得的太阳光热最少，故称寒带；对于回归线和极圈之间，所获太阳光热介于热带和寒带之间则称为温带。所以，黄赤交角的存在，又使地表分为热带、南北温带和南北寒带这五带（图5-8）。

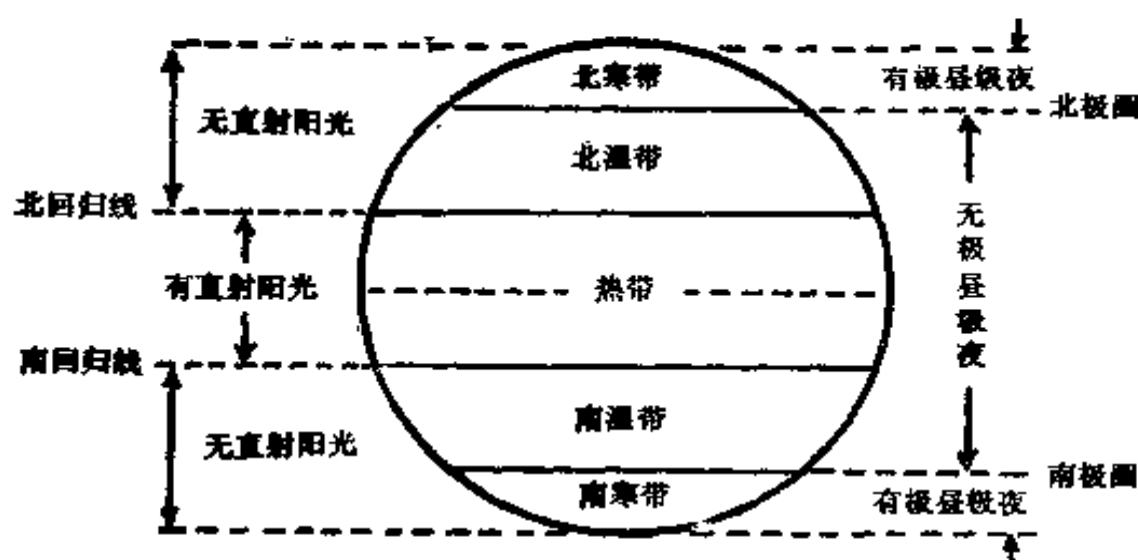


图5—8 五带

（四）地球公转会产生那些影响

1. 天体的周年视运动

地球公转速度是相当均匀的，因而生活在地球表面的人对于这种运动感觉不到，人们只有通过天文观测才能够发现这种运动。在晴朗无月的夜晚，我们仰望星空，天长日久，定会发现星空有两种变化现象：一种是星空在一天内随时间的流逝而东升西落，这是由于地球自转引起星空的转动所产

生的天体周日视运动；另一种是星空在一年内不同日期的同一时刻完全不一样，这是由于地球公转引起的天体周年视运动。

星空之所以有周年变化，是因为地球公转的缘故。在春季夜晚，南天出现的是最引人注目的狮子座和室女座；而在夏天夜晚，南天出现的是巨大的天蝎座和人马座；在秋季夜晚，南天又换了星座，最著名的“飞马四边形”出现在夜空；到了冬季夜晚，星空特别壮丽动人，明亮灿烂的猎户座、金牛座、大犬座则出现在南天。冬季星空过去，春季星空重复而来，年年如此，四季星空就是这样以一个回归年为周期地有规律地更换着。为什么呢？图5—9可以说明星空周年变化的道理。

图中“↑”表示观测者的子午圈。当地球在 E_1 位置时是春季，在某天子夜12时看到狮子座过天球子午圈，猎户座正落入西方地平，天蝎座正从东方升起；三个月后，地球公转到 E_2 位置上是夏季，在某天子夜12时，天蝎座正经过子午圈，狮子座已西退 90° ，落入地平以下，而飞马座则从东方刚刚升起；同理，六个月后，地球公转到 E_3 的位置上是秋季，九个月后，地球公转到 E_4 的位置上是冬季，在某天子夜时将分别看到飞马座和猎户座通过当地子午圈。一年以后，地球回归到 E_1 的位置，星空将恢复一年前的形象。

由此可见，由于地球的公转运动，就造成了天体的周年视运动，使一年之中固定的日期对着固定的星空形象。换句话说，不同的日期我们看到的星空形象是不相同的。这就是四季星空为什么不同的道理。

2. 四季变化

在一年里有春、夏、秋、冬四季变化。四季变化一方面

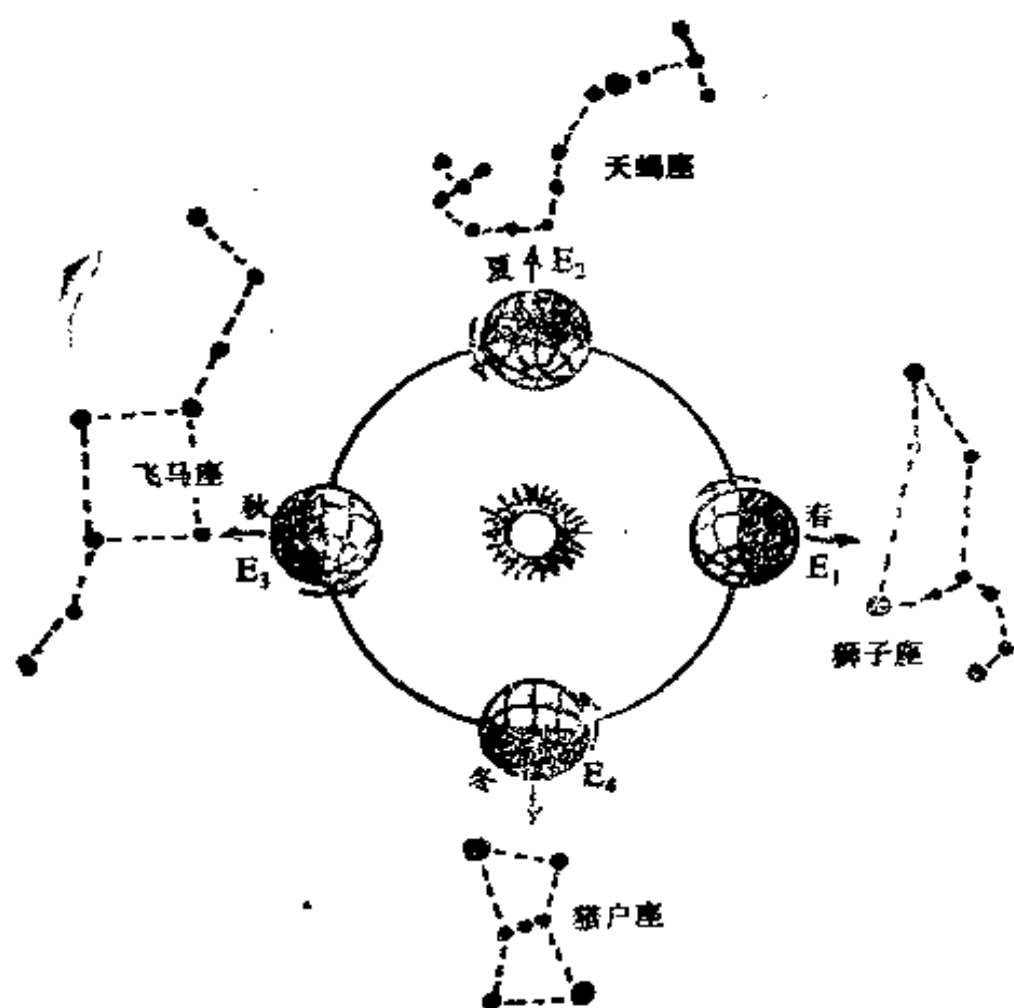


图5—9 四季子夜中天星座变化图

是昼夜长短的变化，另一方面是正午太阳高度的变化。这是季节更替的两大天文因素，而这两大天文因素又决定于太阳直射点在纬度上的周年变化。一年四季严格地说，只是南北半球中纬度的现象。对于全球来看，只能笼统地说季节变化。这就是说，南北半球没有同时来临的季节。当北半球是春季时，南半球是秋季；当北半球是夏季时，南半球是冬季。其次，季节变化首先是天文现象，然后是气候现象，因

为我国传统上以立春、立夏、立秋、立冬为起点来划分四季。这样的四季，具有明显的天文含义，但与实际的气候递变不符合。我国大部分地方立春时，在气候上还处于隆冬；立秋时，在气候上还处于炎夏。夏至在天文上是夏季的中点，但在气候上它还不是一年内最热的季节；冬至在天文上是冬季的中点，但在气候上，它还不是一年内最冷的时节。

总之，地球得到的太阳热能在南北半球之间的分配，决定于太阳直射的纬度。如果太阳直射在北半球，太阳热能的分配就侧重于北半球，以致北半球是夏半年，而南半球是冬半年；反之，如果太阳直射在南半球，太阳热能的分配就侧重于南半球，以致南半球是夏半年，而北半球是冬半年。

三、月球概况

（一）月球的大小、质量和距离

月球是地球唯一的天然卫星，是距离地球最近的天体，也是人类留下足迹的第一个天体。因此，人类对它的了解比对其它遥远的天体要详细得多。

月球距离地球平均为384400公里，相当于地球半径的60倍。月球轨道呈椭圆形，近地点距离为363300公里，远地点距离为405500公里。我们用肉眼看，月球的平均视半径是 $15'33''$ ，太阳的平均视半径是 $16'0''$ 。二者相差无几。在地球的空中，没有任何比太阳和月球更加显著的天体。因此，古人曾经长期把月球和太阳相提并论。同时，我国古代又把月球称为太阴，以别于自身发光的太阳。

月球的平均直径为3476公里，比地球直径的 $1/4$ 稍大些。月球的表面积有3800万平方公里，等于地球表面积的

1/14, 相当于南北美洲面积的总和。月球的体积为220亿立方公里, 相当于地球体积的1/49。月球质量等于地球质量的1/81.3约7350亿亿吨。通过月球的体积和质量, 可以求出月球的平均密度为3.34克/立方厘米, 只相当于地球密度的3/5。由万有引力公式可以求出月球表面的重力加速度为1.62米/秒², 差不多相当于地球重力的1/6。这样, 地球上一个60公斤的人到了月球上就只有10公斤重了。

(二) 月球的表面结构

月球的表面有明有暗, 明亮的地方称为月陆, 分布着高地和山脉。它反射阳光的本领强, 看上去是洁白发亮的。黑暗的地方称为月海, 实际上是月亮上的大平原。由于被最初用望远镜观察月亮的人误认为是海或洋, 于是给它们取了“海”或“洋”的名字。其实, 月面上并没有水。只是凭借想象, 借用地球上的名称而已, 最多有某些形态上的相似罢了。

月球上共有22个月海, 其中绝大多数都分布在月亮的正面。最大的是风暴洋, 面积有500万平方公里; 其次是雨海, 面积有90万平方公里; 第三是静海, 面积有26万平方公里。此外, 较大的还有澄海、丰富海、危海和云海等等。

我们用望远镜看月亮, 会清楚地看到, 月面上有一些圆环的结构, 叫环形山。它很象地球上的火山口和陨星坑, 周围高耸, 中间低平。在大环形山中央, 往往有小山耸立着, 有的环形山四周还有辐射纹。据统计, 月球上直径大于1公里的环形山就有三万三千多个, 占月球表面积的7~10%。大的环形山直径超过100公里, 其中位于月球南极附近的贝利环形山最大, 直径为295公里。此外著名的大环形山还有: 克拉维环形山, 直径233公里; 牛顿环形山, 直径230公



图 5—10 月面略图

里等。许多环形山的中心区有中央山峰或山峰群，这些山峰有的高达2.5公里。

月球上的环形山大多数以著名的天文学家或其他科学家、学者的名字命名。在月球正面有：哥白尼环形山、第谷环形山、开普勒环形山等。在月球背面有五座环形山是以我国古代天文学家的名字命名的，它们是：石申环形山、张衡环形山、祖冲之环形山、郭守敬环形山和万户环形山。

关于环形山的成因，目前有两种说法，即陨星撞击说和火山说。主张陨星撞击说的人认为，环形山是由陨星或小行星

撞击月面造成的，环形山四周的辐射纹是陨星或小行星撞击时，向四面八方飞溅的小物质堆积而成；主张火山说的人认为，环形山是由于火山活动而形成的，在月亮上没有大气不能产生风的情况下，火山灰不象地球上那样随风飘向一个方向，而是飞向四面八方，形成了辐射纹。

除了环形山以外，月球上还有许多山脉和高峰，它们大多数都是以地球上的山名来命名的，例如：亚平宁山脉、高加索山脉、阿尔卑斯山脉等，它们都是月球上的大山脉。其中亚平宁山脉长达1000公里，高出月海3~4公里。月球上的最高峰高达9公里，比地球上的最高峰——珠穆朗玛峰还要高些。月球山脉的特征为向海面陡峭，向陆面舒缓。此外月球上还有长达数公里的峭壁和裂缝。

（三）月球的物理状况

神话故事中把月球上的世界说的那么美好，但是实际上月亮上即没有水也没有空气。那里不但没有桂树和花草，就连一个细菌也没有，可以说是一个真空世界。

地球上的许多自然现象在月球上是看不到的。月球引力小，表面被太阳加热后，大气逃逸很快，故月球表面几乎不存在什么大气。月球上也没有水，因而也就没有云、雨、雪等现象。月球不存在上述自然现象，也就意味着月球上不存在象地球上那样的岩石风化现象，这是月球能够保持住它的原始面貌的根本原因。水和空气可以调节温度，月亮上没有水和空气就无法调节温度，所以那里的温度变化异常。在月球上被太阳直射的地方温度高达127℃，而不被太阳照射的时候，温度会迅速下降，可以低到-183℃。只就这样的温度变化来说，地球上的生命也是很难适应的。迄今虽然在月球上发现了许多种有机物质，但还未发现过任何生命存在的迹象。

由于没有空气传送声波，月亮上总是静悄悄的，使登月宇航员感到死寂，甚至恐怖。正因为月亮周围没有大气，所以不可能有散射光。即使在阳光耀眼的白天，天空仍然是黑暗的，明亮的星星悬挂在“夜幕”上，太阳在恒星间的位置可以看得一清二楚。月球天空中最动人的是我们的老家地球，它比我们常见的明月美丽得多。它上面层次丰富的色彩，缭绕的白云，蔚蓝色的海洋，黄绿色的大陆，都可以一目了然，甚至还能看到我国的长城。据登月宇航员阿姆斯特朗说：“我到月球上，只看到地球上两样东西，一是荷兰的围海造田，一是中国的万里长城。”从月球上看地球，要比地球上看到的月亮大10倍，它始终停留在天庭的某一位置上，一动也不动。这是由于月球总是一面朝着地球造成的。在月球上太阳虽然有升有落，但月球的一个昼夜相当地球上的一个月。在这期间，还能看到地球也有类似月相的圆缺变化。

月球无整体磁场，也不存在象地球那样的磁层。携带着各种辐射粒子的宇宙线可以直接轰击到月球表面上。现在探测到月岩是具有磁性的，但其原因究竟为何，尚无法解释。

四、月球运动和月相变化

（一）月球运动

月球以1.02公里/秒的速度，在稍扁的轨道上绕地球公转，离地球最近时，距离363300公里，最远时达405500公里，平均距离384400公里。我们看到月亮在星座间一天天的自西向东移动，这是月球自西向东绕地球公转的反映。月球在星座间自西向东移动的路线叫做白道，就是月球绕地

球公转的轨道在天球上的投影。月球在星座间每天移动 $13^{\circ}10'35''$ ，就是月球绕地球公转的角速度。月球按这样的速度绕地球运转一周，约需27.321日，即27日7小时43分11秒，这个周期称为恒星月（月球对恒星而言，运行一周所经历的时间）。它是月球绕地球公转的真正周期。

在地球上看起来，月亮在白道上，平均每天东移 $13^{\circ}10'35''$ （ $360^{\circ}/27.3217$ 日）。太阳在黄道上也自西向东作周年运动，平均角速度每天为 $59'10''$ （ $360^{\circ}/365.2564$ 日）。日月在天球上的视运动，方向一致，但速度不同。因此，日月在天球上的角距离每天在扩大 $12^{\circ}11'25''$ 。最后，月亮又赶上太阳，重新相合，称为日月的会合运动。

日月会合的周期为29.5306日。在一个会合周期内，日、月距角经历自 0° 到 360° 。日、月距角为 0° ，称为日月相

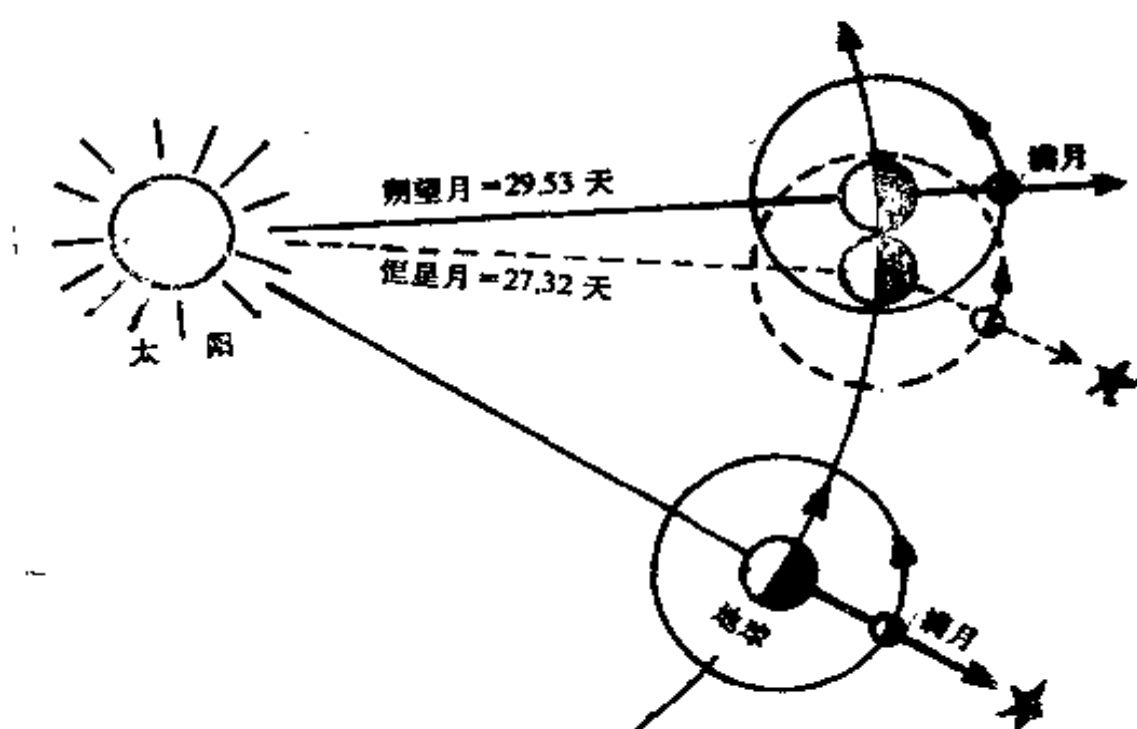


图 5—11 恒星月与朔望月

合；日月距角为 180° ，称为日月相冲。日月相合就是朔，日月相冲就是望。因此日月的会合周期，也叫朔望月（图5—11）。

朔望月的长度为29.5306日，恒星月的长度为27.3217日，两者相差2.2089日。朔望月比恒星月长2.2089日的原因，是由于月球绕地球公转的同时，地球还带着月球绕太阳公转。在地球上看起来，太阳在天球上每天向东移动 $59'10''$ 。因此，当月球第二次与太阳会合时，太阳已经东去了一段距离。所以日月的会合周期要比月球公转的恒星周期为长。在一个朔望月内，太阳东行约 29° 。则月亮第二次与太阳会合须多转 29° ，需时2.21日。

月球不仅有绕地球的公转运动，而且有绕轴的自转运动。月球自转得很慢，自转方向和周期都和公转一样。它自转一周的时间恰好等于绕地球公转一周的时间，即一个恒星月。凡自转周期与公转周期相等的天体自转运动，叫做“同步”自转。

然而，有人认为月球是不自转的，理由是月球老是以同一面对着我们，似乎不动，这是一种错误的理解。其实，月球总以同一而向着地球，恰好是它有自转运动的最好证明，让我们先做一个简单的实验：甲乙两人面对面地双手拉开，甲扮地球作中心转动，乙扮月球绕甲转动，这样，乙（月球）的面孔必定是永远朝甲（地球）的。事实上，乙绕甲转一周的过程中，它已面向东南西北四个方向，即是说它自转了一周。

下面我们看图来解释这种现象：

如图5—12所示，假设月球在1的位置，面向地球的箭头指向C，月球在轨道上运行了 $1/4$ 周，箭头从原来指向C

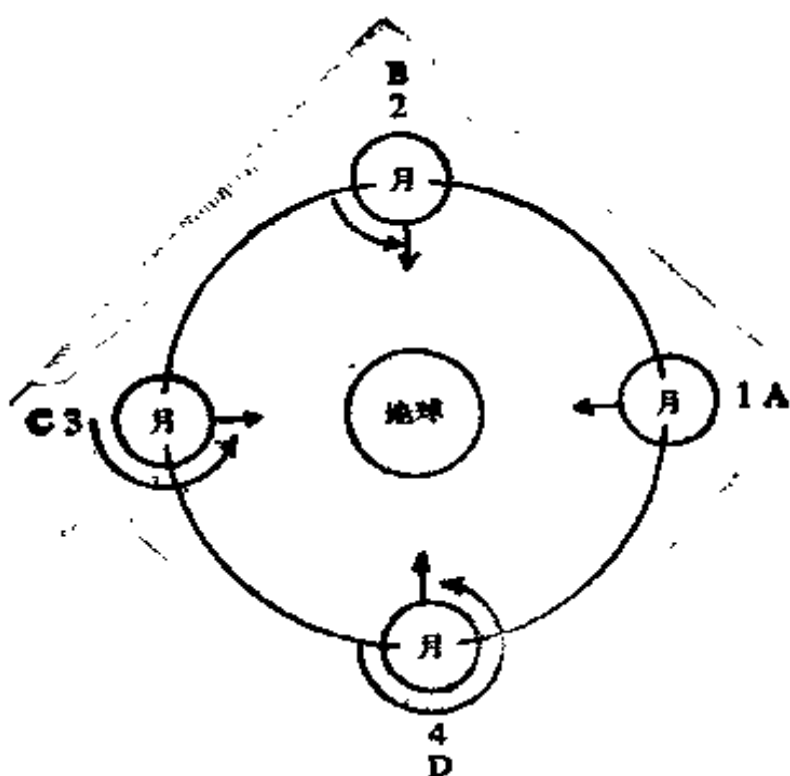


图 5—12 月球公转与自转周期相等

的方向，转到指向D的方向，仍面对地球。当月球公转过1/2周到达3的位置时，也自转了1/2周，箭头指向A的方向，还是面对地球。同样，待月球公转到4的位置时，它已经自转了3/4周，箭头又指向B的方向，依然是面对地球。最后，当月亮公转完一周时，也自转了一周，月球上的标志小箭头将永远对着地球。显然，月球在公转轨道上每前进一步，它同时也自转一步。月球的公转和自转配合默契，使得它在轨道上不论什么位置，都老以同一面对着我们。另外，对不同月相进行拍照的结果表明，上弦月与满月的左侧图象基本上是吻合的，这更证明了月球的公转和自转是同步的。

通常，我们把月球永远向着地球的一面，称为月球的正面；把背着地球的一面，称为月球的背面。每当宇宙飞船飞

到月球背面时，无线电通信就会因被阻隔而中断，所以飞船登月都选择月球正面的地点。

平时我们常说“月球绕地球运转”，严格地说，这并不确切。实际上地球和月球是相互绕着一个共同的质量中心旋转的。如图5—13所示，这个质心位于地心和月心的连线上，并且大大偏于地球一侧，离地心只有4671公里，小于地球半径。可见，地月系统的质心在地球的内部，在地面以下1700公里的地方。月球离这个质心很远，有379729公里。因此，地球绕小圈，月球绕大圈，一大一小，相差81.3倍

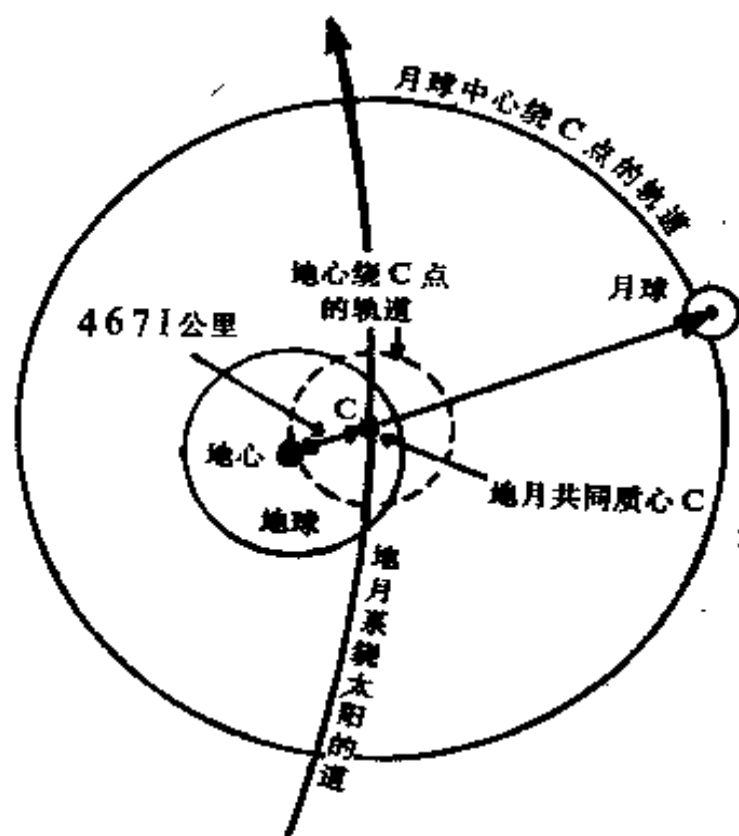


图5—13 地月系运动

如果可能的话，我们飞到金星上，透过云层就可以看到，在天空中有两颗发亮的星星彼此靠得很近，一蓝一白，

构成了一个美丽的双星系统。其中蓝色的主星是地球，比我们看到的金星还亮。白色的伴星是月球，它们一主一伴，形影不离，在天空中边转边走，永不停息。

（二）月相变化

月球本身不发光，我们看到的月光是它反射的太阳光。在太阳光的照耀下，月球也分为昼半球和夜半球。由于月球绕地球公转，日、地、月三球的相对位置经常变化。因月球的昼半球，始终向着太阳，在地球上看到月球的角度不同，而看到月球圆面的范围有大有小，这就是月球有圆缺变化的原因。月球圆缺变化的形相就称为月相。

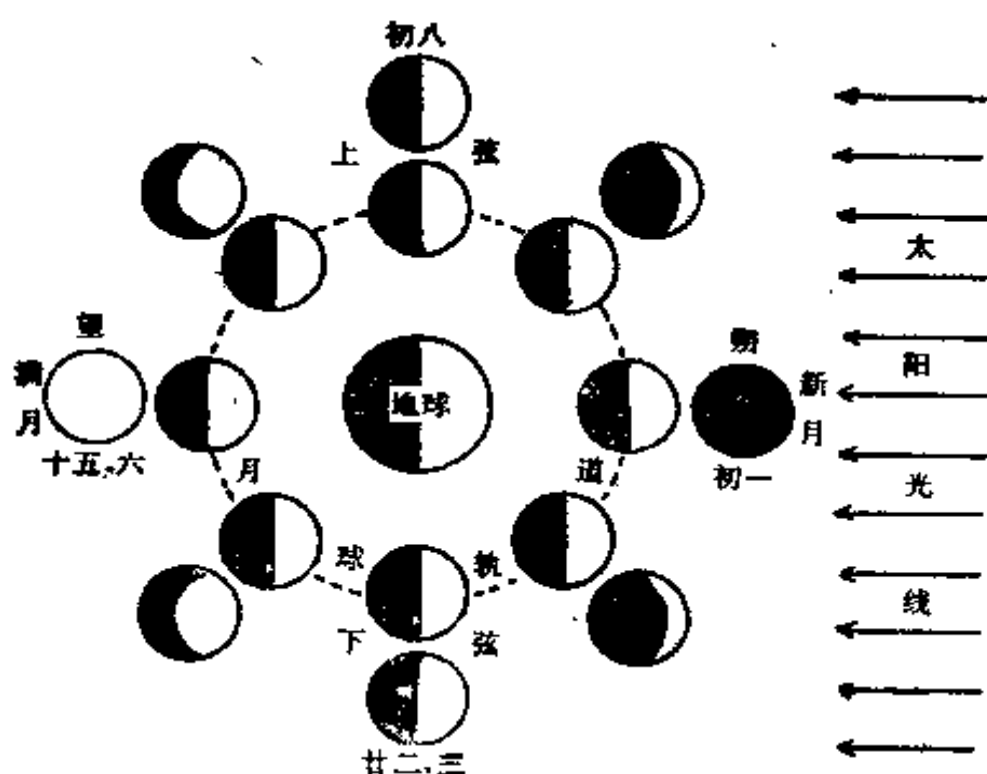


图 5—14 月相及其成因

月相的变化，决定于两个因素。第一是太阳照耀月球的方向；第二是观测月球的方向。当月球位于太阳和地球之

间，日月相合，称为朔，即新月。月球暗的一半朝向地球，我们就看不见月亮，这一天是农历的初一。由于月球一天天地远离太阳向东移动，在朔以后两、三天，在傍晚西方的天空中可看到镰刀状的娥眉月，月球亮的一面向着落日的方向，即西方。它和太阳的距角很小，太阳落下后，它也很快落下去。以后，日、月的距角日益扩大，月面亮的部分也日益扩大。五、六天后农历初七、八，可看到半圆形月面，这时的月相称为上弦，日落时月亮在子午圈附近。过了上弦以后，月球上光亮部分一天天地凸出来，叫凸月。到了农历十五、六，月球和太阳分别位于地球的两侧，即日、月相冲，月球亮的半球正对着地球称为望，即满月。在地球上看到一轮明月于傍晚从东方地平升起，它通宵照明，在晨曦中西落。满月以后，明亮月轮的西部日益亏缺，到了农历廿二、三，只能看到东边半个明亮月面，称为下弦。下弦月和上弦月正相反，亮面是朝着日出的方向。这时月亮于半夜升起。下弦以后，半圆继续亏缺，到了农历廿七、八，已成为一钩残月出现在黎明前的东南方低空，亮面朝向日出的方向。此后，月亮越加接近太阳，终于跑到和太阳相同的方向，即又一次日月相合，朔又来临，一次月相变化的周期结束了。从朔到朔或从望到望，所经历的平均周期是29日12小时44分2.9秒，称为一个“朔望月”。所以朔望月是月相变化的周期，也就是日月会合运动的周期。

五、日食和月食

（一）日 食

日食是由于太阳、地球、月球三个天体的运动面产生的

现象。在月球背着太阳的一面，拖着一条长长的影子。朔日，月球运行到太阳和地球之间，如果三个天体基本位于同一条直线上，那么，月球的影子就会落到地球表面，地球上位于月影中的观测者，在转眼之间，只能看到一部分或全部看不到日面，这就是日食。

1. 日食种类

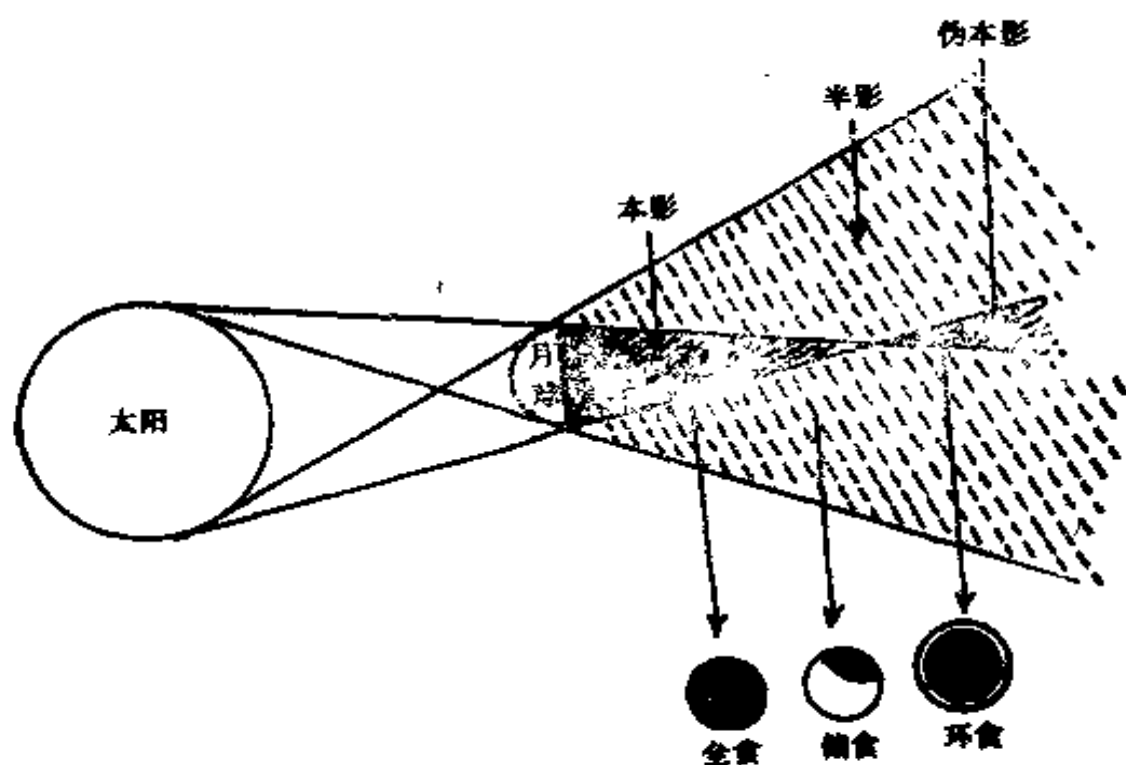


图 5—15 月影结构与日食类型

如图 5—15，月球的影子可以分为本影、伪本影和半影三部分。月球绕地球的轨道和地球绕太阳的轨道都不是正圆，所以日、月同地球之间的距离时近时远。因此，日食时，在本影范围内，观测者看到太阳全部被月球遮住，这称为日全食；在伪本影范围内，观测者则见月球不能完全遮住太阳，在太阳边缘剩下一圈光环，这称为日环食；在半影范

圈内，观测者则见太阳的一部分被月球遮住，这称为日偏食。

本影或伪本影在地面扫过的区域称为日食带。本影扫过的区域可以看到日全食，称为全食带；伪本影扫过的区域可以看到日环食，称为环食带。日食带的宽度一般为几十公里至二、三百公里，长度可达10000公里。有时地面正好在本影和伪本影交界附近，日食发生的开始或最后阶段可以看到日环食，而中间阶段则可以看到日全食，这种情况称为日全环食。日食带的两旁是半影扫过的区域，可以看到日偏食。

2. 日食过程

由于月亮是从西向东绕地球运行的，因此，月亮拖着它的影子以大约1公里/秒的速度从西向东运行。地面上的观测者，随着地球自转也向东移，但地球的自转速度小于月影扫过的速度，两种速度合成的结果，月影仍在地面上从西向东移动，于是日食总是从西向东发生。我们在同一地点观测日全食，日全食的过程可分为五个阶段。

如图5—16a。月球圆面刚刚和太阳圆面相接触时称为初亏，这时日偏食开始；初亏以后约一个小时，月球和太阳两圆面相内切称为食既，这时日全食开始；月球圆面中心和太阳圆面中心最近时称为食甚；月球圆面和太阳圆面再次内切称为生光，生光是全食的结束，从食既到生光一般只有2—3分钟，最长不超过7分45秒；生光以后约一个小时，月球圆面和太阳圆面第二次外切称为复圆，日食结束。

如图5—16b。日环食没有食既和生光，面有环食始和环食终。如图5—16c。日偏食只有初亏、食甚和复圆。日偏食和日环食的时候，太阳被食的程度叫食分。食分以太阳视直径为单位，例如，0.5的食分表示太阳直径有50%被遮蔽。日偏食和日环食的食分都小于1，日全食的食分则

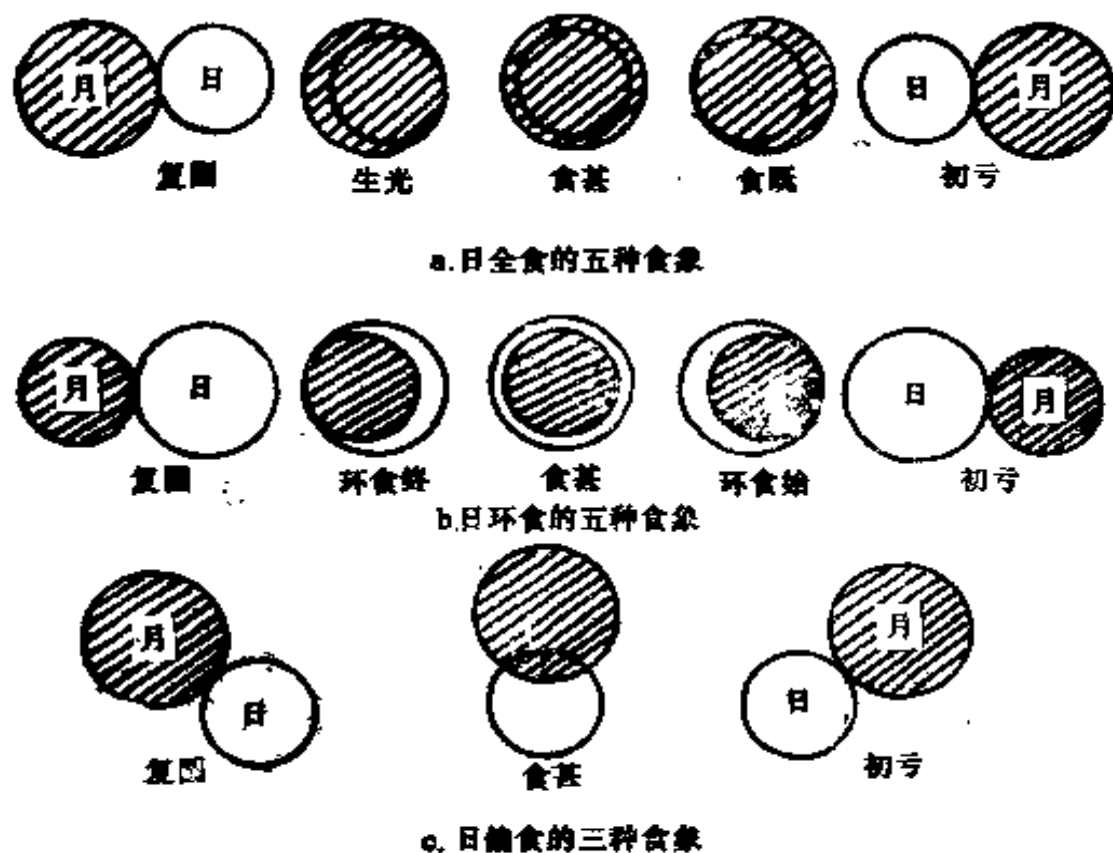


图 5—16 日食的过程

大于或等于 1。

日全食景色非常壮观。日全食发生时，天色突然变暗，犹如夜幕降临，可以看到天空中比较明亮的恒星和行星。活跃的自然界刹那间变得寂静了。这时候，在暗的月轮周围的淡红色圈，就是色球层。从色球层喷射出来的红色“火焰”是日珥。色球层外面那银白色的光芒是日冕。在日全食开始或終了时一、两秒钟，可以看到月轮周围的光环上镶嵌着一颗颗光彩夺目的“珍珠”，它就是“倍利珠”。日全食的现象是壮观的，机会也是难得的。

3. 日食条件

日食一定发生在朔日的白天，因为只有朔日时，月球才

运行到太阳和地球之间。但不是每逢朔都发生日食。月球绕地球公转的轨道平面（白道面）和地球绕太阳公转的轨道平面（黄道面）相交成平均为 $5^{\circ}9'$ 的角。在大多数朔日时，月球虽然运行到了太阳和地球之间，但它不是从黄道以北就是从黄道以南通过，月影扫不到地面，不发生日食。只有当月球位于黄、白交点或交点附近的一定角度内才会发生日食，这个角度称为日食限。日食限是变化的，最小为 15.4° ，最大为 18.5° 。可见日食需要满足两个条件：一是月球在朔的时候，二是太阳、月亮离交点的角度在日食限以内。

4. 日食周期

古代巴比伦人发现日食具有223个朔望月的周期。223个朔望月等于6585.3天，而19交点年等于6585.8天，二者相差不多。只有0.5天的差。223个朔望月，也就是18年11.3日的周期称为沙罗周期。223个朔望月也并不恰好等于整数，还有0.3的差数。因此，经过一个沙罗周期以后，在地面上看到日食情况也有变化。看到日食的区域也并不跟上一次看到的区域相同。

全世界每年最多可以发生5次日食，最少也要发生2次，据1901~2500年的统计，每一百年平均发生日偏食82.5次，日环食82.2次，日全食67.2次，日全环食4.8次，共计236.7次。对某一地点来说，平均三年可以看到一次日偏食，二百多年看到一次日环食，三百多年才能看到一次日全食。其中2009年7月22日的日全食对我国来说是极其难得的，全食带经过四川、湖北、湖南、安徽、浙江、江苏、上海等地。全食时间长达五、六分钟。

5. 日食的观测

日全食和日环食时，是研究太阳高层大气（色球和日

冕)和进行多种科学研究的宝贵时机,天文及有关学科的工作人员,为了短短几分钟的观测,要几个月甚至几年前就开始作准备工作了。在日食发生以前,他们携带观测仪器等,提前来到事先选择好了的观测地点。

对于我们来说,怎样观测日食呢?在日偏食和日环食时,太阳光仍然很耀眼,因此眼睛不能直接对着太阳看。否则阳光会把眼睛灼伤,使你在一瞬间便会成为永远的盲人。为了不致错过观测的好机会,可采用以下几种简单易行的方法进行观测。

①最好事先准备一块黑玻璃或将普通玻璃用烟熏黑。

②找几张旧照相底片重叠起来。

③准备一盆滴入墨汁的水,从水中会看到日食的景象。

④倘若有一台小型望远镜,可在目镜的一端装上一个投影屏,把太阳象投在投影屏上。或在望远镜物镜前加减光片用肉眼直接观测。

在野外以上条件都不具备,你可到枝叶茂密的树林里去观测。如果遇上日全食的宝贵时机,在日全食开始以后,就可以放心地用肉眼对着太阳看,光线柔和,景色迷人。假如再用黑玻璃看,那就太可惜了。

(二)月食

1. 月食种类

如图5—17,月食就是月亮进入地球阴影,月面变暗的现象。地球在太阳光的照耀下,也产生了地影,地影有本影和半影之分。地球比月球大得多,相比之下,地影显得又粗又长。在农历的十五、六,月球运行到和太阳相反的方向,从地球上看来,太阳向西方落下的时候,月亮从东方升起,如果太阳、地球和月球的中心大致在同一条直线上,月球就会进

入地球的本影，而产生了“月全食”。如果只有部分月球进入地球本影，就产生“月偏食”。当月球进入地球的半影时，应该是半影食，但由于它的亮度减弱得很少，人们不容易发现，一般不称它为月食。因此，月食只有月全食和月偏食两种。

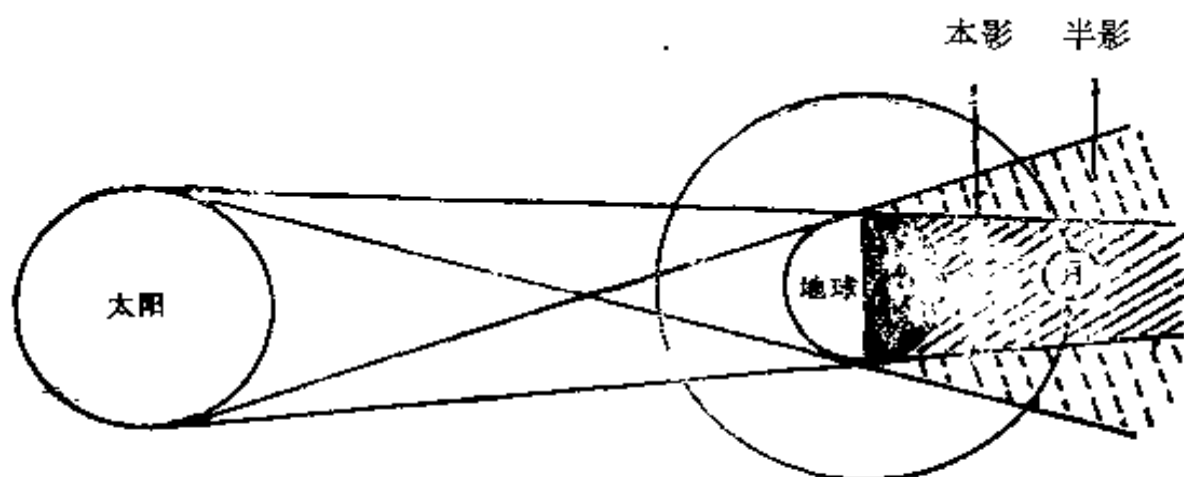


图 5—17 月食的形成

2. 月食过程

月球是从西向东绕地球运动的，因此月食从月亮的东部边缘开始发生。一次月全食也有五个阶段：

如图 5—18 所示。月球刚接触地球本影时，是初亏；全部进入地球本影的瞬时是食既；月球运行到本影最中央是食甚；从本影中重新露头是生光；完全离开地球本影的瞬间是复圆。从初亏到食既是偏食阶段，食既到食甚再生光是全食阶段，生光到复圆又是偏食阶段。在月偏食发生时没有食既和生光，过程为初亏、食甚、复圆。

月食程度的大小用食分来表示。食甚时如月球和地球本影内切，食分等于 1。食甚时如月球更深入本影，食分则大于 1。月全食的食分大于或等于 1。月偏食的食分都小于 1。

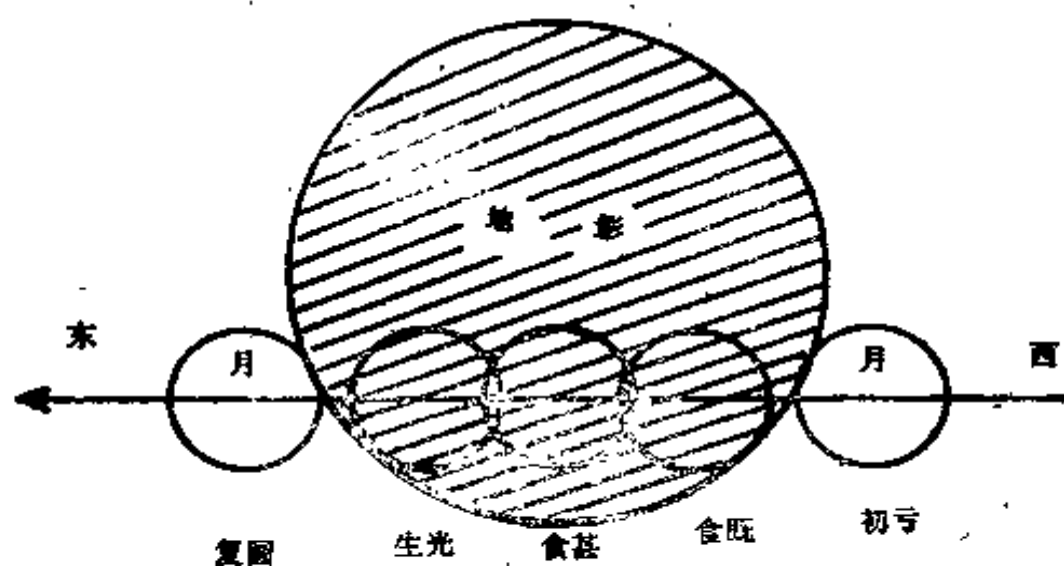


图 5—18 月全食的五阶段

3. 月食条件

月球进入地影就产生月食，所以月食只能发生在望（农历十五），因为这时月球才可能进入地球的背日方向。此外，由于白道和黄道之间的倾角，每个望日不一定都会发生月食，而只有当月球运行到黄白交点附近时，方可能发生月食。月全食或月偏食，每年最多发生三次，每年发生二次的概率最大。

4. 月食周期

月食也有周期性，日食的沙罗周期同样也适用于月食。例如1981年7月17日发生月食，18年零11天以后，即1999年7月28日也要发生月食。因为沙罗周期并不是整天数，尚有余数0.3天，也不恰好等于19个交点年，还有0.5天的差，所以经过一个沙罗周期后月食时刻大概要迟7~8个小时。食分亦有变化。

1985~2020年我国可见日食表

日 期	类 型	见 食 情 况
1985.5.20.	偏	我国可见
1987.9.23.	环	环食带从新疆西北部到长江口
1988.3.18.	全	我国可见偏食
1990.7.22.	全	我国可见偏食
1992.12.21.	偏	我国可见
1995.10.21.	全	我国可见偏食
1997.3.9.	全	我国可见偏食
1998.8.22.	环	我国可见偏食
1999.8.11.	全	我国可见偏食
2002.6.11.	环	我国可见偏食
2003.5.31.	环	我国可见偏食
2004.10.14.	偏	我国可见
2005.10.3.	环	我国可见偏食
2006.3.29.	全	我国可见偏食
2007.3.19.	偏	我国可见
2008.8.1.	全	全食带从新疆最北部到河南
2009.1.26.	环	我国可见偏食
2009.7.22.	全	全食带从西藏南部到长江口
2010.1.15.	环	环食带从云南到山东
2011.1.4.	偏	我国可见
2011.6.2.	偏	我国可见
2012.5.21.	环	环食带从广西到台湾
2015.3.20.	全	我国可见偏食
2016.3.9.	全	我国可见偏食
2018.8.11.	偏	我国可见
2019.1.6.	偏	我国可见
2019.12.26.	环	我国可见偏食
2020.6.21.	环	环食带从西藏西部到台湾

1985~2020年我国可见的月食表

日 期	类 型	日 期	类 型
1985.5.5.	全	2004.5.5.	全
1985.10.29.	全	2005.10.17.	偏
1987.4.24.	全	2007.3.4.	全
1986.10.18.	全	2007.8.23.	全
1988.8.27.	偏	2008.8.17.	偏
1989.2.20~21.	全	2010.1.1.	偏
1990.2.10.	全	2010.6.26.	偏
1990.8.6.	偏	2011.6.16.	全
1991.12.21.	偏	2011.12.10~11.	全
1992.12.10.	全	2012.6.4.	偏
1993.6.4.	全	2013.4.26.	偏
1995.4.15.	偏	2014.10.8.	全
1997.9.17.	全	2015.4.4.	全
1999.7.28.	偏	2017.8.8.	偏
2000.7.16.	全	2018.1.31.	全
2001.1.10.	全	2018.7.28.	全
2001.7.5~6.	偏	2019.7.17.	偏

第六章 太阳系的小天体

在太阳系里，除了行星和卫星之外，还存在着各种各样的小天体，如小行星、彗星、流星体、陨星（石）等。它们形状奇特，数目很多，有的甚至是难以计数的。这些天体的质量都相当小，其中大多数天体的体积也十分小。只有彗星在接近太阳时，体积才变得十分庞大。有些小天体的轨道比较特殊，可以穿行于整个太阳系空间。这些小天体有时接近太阳，有时接近行星，甚至有时会坠落到某一个天体上，造成灾变性的撞击事件。由此看来，尽管小天体的质量与大行星比较，可能是微不足道的，但就其作用和影响来说，却是很值得注意的。

一、小行星

小行星是太阳系里小的类行星天体，大都分布在火星和木星轨道之间，沿着椭圆轨道绕太阳运行。

（一）小行星的发现和命名

人们在比较几个已知大行星轨道半径大小时，发现火星和木星之间，轨道半径在2.8天文单位的地方，应该有一颗行星。许多天文学家便纷纷去寻找它。直至1801年的元旦之夜，意大利西西里天文台台长皮阿齐果然发现了一颗在众恒星之间游动的新天体，后命名为谷神星。但是因为它太小，

半径仅及地球半径的1/15，不能与大行星为伍，于是便称为“小行星”。1802年，德国医生、天文爱好者奥伯斯发现了第二颗小行星智神星；1804年，德国天文学家哈丁发现第三颗小行星婚神星；1807年，奥伯斯又发现了第四颗小行星灶神星。照相术应用于天文观测后，小行星的数目大大增加。迄今为止，发现并已正式编号的小行星已达2400多颗。照相巡天观测发现，亮度大于照相星等21.2等的小行星达50万颗。估算得知，小行星的总质量只有 2.1×10^{24} 克，约为地球质量的万分之四。

小行星被发现后，算出它的轨道，再经两次冲日观测后，给予它一个编号，号数大致按发现的先后次序。在号数之后还有一个名字，此名大多取希腊、罗马神话或取发现者的名字或取其它名称。在已编号的小行星中，有6颗以中国天文学家命名，1802号名为张衡，1888号名为祖冲之，1972号名为一行，2012号名为郭守敬，2027号名为沈括，2051号名为张钰哲。以我国省名、地名命名的有32颗。其中1974年中国紫金山天文台发现的两颗小行星被命名为钟山一号和钟山二号。这两颗小行星已被国际正式命名为2077号江苏、2078号南京。

小行星的发现多用照相法来进行。较简单的方法是拍照黄道附近的天区。恒星在照片上呈现为圆点，若有小行星，它在照片上呈现为一小条线，这样就可分辨出小行星来。

（二）密集于火星、木星轨道间

天文学家发现的成千上万颗小行星，它们的轨道半径绝大多数在2.6~3.65天文单位范围内，正好密集于火星轨道和木星轨道之间，因而组成小行星主带。它们的轨道半径平均为2.77天文单位，轨道偏心率平均为0.15，轨道面与黄道

面的倾角平均为 9.4° ，介于大行星与彗星之间。

除了成群结队的小行星之外，也有个别小行星离群而行。一些近地小行星，轨道半径小于火星，如小行星阿莫尔（第1221号）近日距小到1.08天文单位；小行星阿波罗（第1862号）则穿到金星轨道以内；小行星伊卡鲁斯（第1566号）深入水星轨道以内，在距太阳 $0.18\sim 1.98$ 天文单位这段距离内运行，经历了强烈的温度变化。

远地小行星轨道半径大于木星，如小行星希达尔戈（第944号）轨道半径达5.85天文单位，远日点到达土星轨道；小行星奇朗（第2060号）轨道半径大于13.6天文单位，远日点可达天王星轨道范围。

（三）体积很小、质量极轻

小行星中体积最大的是谷神星，直径为1020公里，仅及最小的大行星冥王星的 $1/3$ ，而小行星“1976UA”直径只有200米。经统计知道，小行星中直径大于100公里的近200颗，直径大于200公里的不过30颗，有些小行星直径不到1公里，直径越小的小行星，数目越多。

小行星中质量最大的数谷神星，其密度为1.6克/立方厘米，质量为 11.7×10^{23} 克，约为冥王星质量的 $1/12$ ，但它比其它几十万颗小行星的总和还大，成了小行星世界中的“巨人”。除了谷神星等几颗较大的小行星外，其它小行星质量都很小。

（四）小行星的自转和形状

小行星的亮度有周期性变化，这是由于它们表面各部分的反照率不同以及它们的自转引起的。根据亮度变化曲线可以推出它们的形状特点。现已测出近70颗小行星的自转周期。有趣的是，小行星质量多为木星、土星质量的一百多万

分之一，但其自转周期最快达两个多小时，最慢为60~80小时，一般则都在5、6小时到10多小时之间，与木星、土星相近。然而，小行星自转轴的取向却毫无规律，呈随机分布。小行星中除谷神星和灶神星可能是球状外，绝大多数小行星的形状是不规则的。如第433号爱神星是三轴体，三个轴分别为36公里、15公里、13公里；第1620号小行星是长条形，长度是宽度的4~5倍。

（五）小行星的卫星

大行星大多数有卫星已经是不足为奇的事，但是，比大行星小得多的小行星居然也会有卫星，这就令人惊异了。首先发现小行星有卫星的是麦克马洪。1978年6月7日，他在观测532号大力神小行星掩恒星时，发现了它的卫星，命名为1978(532)I。532号的直径为243公里，它的卫星为45.6公里，它们相距977公里。1978年12月11日，18号梅波蔓小行星掩恒星时，也发现它有卫星，命名为1978(18)I，18号的直径为135公里，它的卫星为37公里，此外，通过对6号、9号、129号小行星的掩星观测，发现它们也都有小卫星陪伴。

（六）产生小行星的原因

第二号和第四号小行星的发现者奥伯斯曾提出一种小行星来源的假说——爆裂说。他认为天空里小行星的数量很多，它们可能是由大行星碎裂而成的。大概在许久许久以前，有一个或两个很大的行星，运行于火星和木星之间。如果是一个，也许是由于火山大喷发或其它原因，发生了爆炸，炸成了许多破片，这些破片就是现在的小行星群。

假如是两个的话，大小两个行星发生冲突，互相碰撞的结果，大的破片乘势不知道飞向哪里去了，剩下十来个

块，其中就象谷神星那样大小的。之后：又发生了几次冲突，大部分越来越变成小碎块了。

近些年比较流行的是阿尔文、施米特等人的“半成品说”，认为在太阳系诞生初期，原始弥漫物质由于某种原因未能凝聚成大行星，而只形成了半成品—小行星，以分散状态遗留至今。但是，小行星由较大星体碎裂而成的假说，得到一些实测的证明。例如，小行星形状很不规则，大小也相差悬殊，而小的又比大的多得多。

在轨道上运行的小行星，受到大行星引力摄动轨道容易改变。当它们走近地球时被吸引而落到地面，成为陨石。小行星质量小，不会发生象地球那样大的变质过程，因而保留了太阳系形成初期的原始状况，所以，小行星对研究太阳系起源有重大价值。

二、彗 星

彗星是一种形态奇特的天体。当它远离太阳的时候，一般呈现为雾状斑点；而当它运行到太阳附近时，便拖着又长又亮的“尾巴”；在绕过太阳远离太阳时，又逐渐恢复到原来的样子。按照彗星的独特外貌，西方称它为“发星”，中国民间称它为“扫帚星”。在人们尚不清楚彗星本质的古代和中世纪，认为彗星的出现预示着种种不祥之事将要发生。每当天空出现彗星时，人们感到恐怖迷茫，甚至有人还相信世界正常秩序要被打乱，末日即将来临。那可怕的洪水泛滥、山崩地震，甚至战争爆发、传染病的蔓延，也被视为彗星的过失。实际上彗星是太阳系的成员之一，为数众多，估计有1000亿颗以上，都很暗弱，肉眼很难看到，如果用望远镜

观测，每年可以看到10颗左右。

(一) 彗星的形状、大小、质量

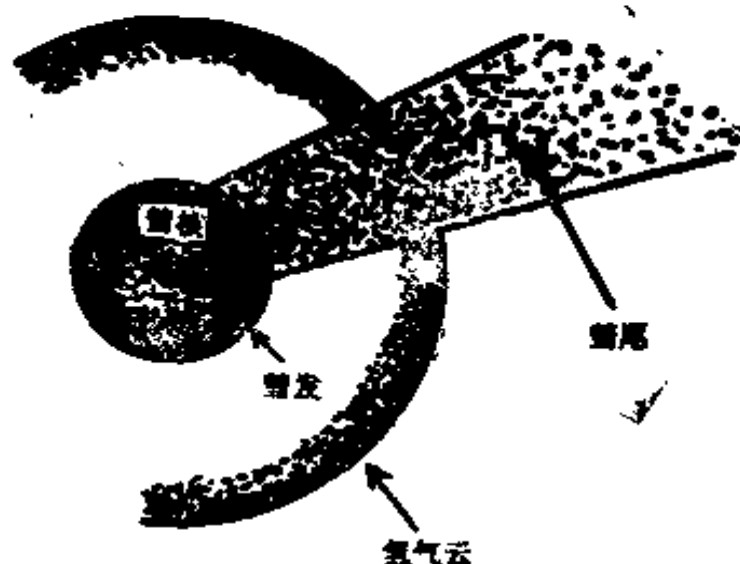


图 6—1 彗星的结构

彗星主要部分称为彗头，其亮度从中心向边缘减弱。彗头中心密集部分叫做彗核，彗核外包围着核的云雾状物叫彗发，彗发外面还发现有巨大的氢原子大气，称为彗云或氢云。当彗星离太阳较近时，从彗头出来的物质向一个方向延伸，叫做彗尾，离太阳愈近彗尾愈长。

彗核的直径一般为几百米到十几公里不等，由水冰、尘埃、有机物、一氧化碳、二氧化碳、氰等组成，占彗星总质量的95%。彗星质量通常在 $10^{13} \sim 10^{21}$ 克。彗发的直径可达几十万公里，随彗星离太阳距离的大小而变化，一般在离太阳1.5~2.0天文单位时最大。不同的彗星其彗发情况相差很大，例如1811年的大彗星，彗发直径达180万公里，而有的彗星甚至没有彗发。彗尾长度可达亿公里或更长，彗尾宽度在 $10^5 \sim 10^6$ 公里。彗云半径约 10^7 公里。

彗星是大体积、小质量的天体，所以它的密度特别小。彗尾的物质密度比地球上所能得到的真空密度还要小得多（不超过 10^{-10} 克/立方厘米）。所以被彗星尾巴扫过的天体，一般看不出受到了什么影响。彗星的质量绝大部分集中在彗核部分，平均密度约1克/立方厘米。大彗星的质量在上千亿吨量级，但这只相当于地球的百亿分之一。

（二）彗星的轨道和周期

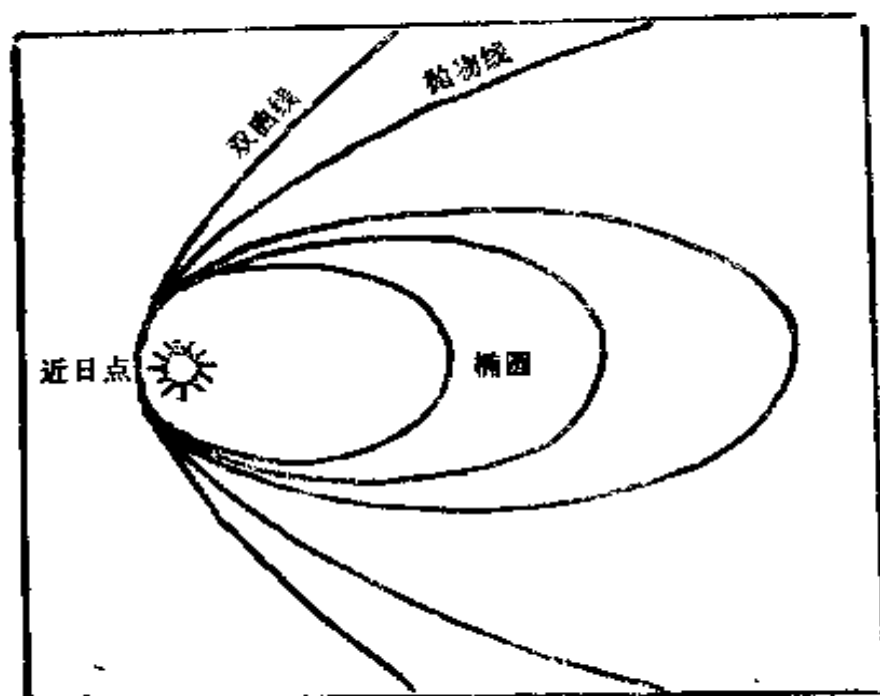


图 6—2 彗星三种轨道

彗星通常离太阳较远时，只有用望远镜才能看到它们。当它们靠近太阳时，才被看得清楚。至今已算出658颗彗星的公转轨道，轨道形状是多种多样的，而且轨道偏心率一般都较大。按形状可把彗星轨道分为椭圆、抛物线和双曲线三种类型。

在椭圆轨道上运动的彗星称为“周期彗星”，它们按照

一定的周期绕太阳运行。凡周期短于200年的，称为短周期彗星。属于这种情况的彗星约有113颗。周期长于200年的则称为长周期彗星。在抛物线和双曲线轨道上运行的彗星称为“非周期彗星”，在它们存在的整个时期内，只有一次接近太阳的机会，此后便远离太阳，一去不复返了。长周期彗星和非周期彗星，有可能在其运行过程中被其它大天体所吸引，改变了轨道而变为短周期彗星。

（三）彗星的命名

彗星通常用发现者的名字命名。比如公转周期只有3年的恩克彗星，因为分裂和形成流星雨而著名、现在已经消失的比拉彗星等，都是用发现者的名字命名的。但哈雷彗星并不是哈雷发现，而是因为哈雷正确地预言这颗彗星重新出现，为了纪念哈雷而命名的。

按国际上规定，一个在某年发现的彗星，首先用发现者的名字命名，在这个名字后加上年代，再按照发现的先后次序加一个拉丁字母，当算出准确的轨道后，就根据彗星通过近日点的先后次序，改用罗马字母代替拉丁字母。比如1965紫金山天文台发现的两颗彗星（1965b、1965c），算出它们的轨道后，永久名称为1965 I、1965 II。对已算出周期的彗星编成彗星星历表。现已有记载的彗星有1800多颗，去掉重复出现的，实际已知的彗星有1600多颗。

（四）彗星的起源和演化

彗星是从哪里来的呢？关于彗星的起源问题，看法很多，到现在还没有一致的意见，其中以原云说最为著名，由荷兰学者奥尔特在二十世纪五十年代统计得出。他认为：彗星起源于太阳系边缘很远的地方，大约距离太阳为3万~10万个天文单位处。在那里有一个巨大的彗星云，大约有上千

亿颗彗星在巨大椭圆轨道上运行。那里就象是一个彗星“仓库”。由于受到其它天体的摄动，彗星“仓库”里的一部分彗星就相继进入到太阳系的内部，沿着它自己的轨道运行，逐渐接近太阳。当彗星接近木星时，有些彗星又受到这颗质量最大的行星的摄动，永远飞出太阳系世界，不再回来。另外一些彗星则保留在木星或其它大行星之间，形成若干族彗星。例如木星族彗星、土星族彗星等。现在了解到的木星族彗星共有67颗，周期只有3~10年，聚集在木星轨道附近。

除原云假说外，还有其他一些假说。如喷发说认为彗星是由于木星等行星或卫星上火山喷发的一些物质形成的；碰撞说认为彗星是由太阳系内的某两个天体互相碰撞而形成的；俘获说认为彗星原来并不是太阳系内的天体，而是太阳的引力把它们从恒星际空间俘获过来的。但是，这些假说都碰到很多难以解释的问题。

彗星每次经过太阳附近时，都被太阳辐射蒸发出一些物质，形成彗尾，这些物质逐渐消失到行星际空间中去，于是彗星的质量越来越少。不仅如此，彗星还会由于太阳等天体施加的引潮力而逐渐瓦解，形成流星群，比拉彗星的分裂和瓦解就是一例。彗星的寿命有长有短，但平均大概只有几千个公转周期。

（五）哈雷彗星

一谈到彗星，人们常常联想到哈雷。哈雷是17世纪的英国天文学家，是牛顿的朋友。他发现1531年、1607年和1682年出现的三颗大彗星轨道十分相似，由此，他利用牛顿万有引力定律推算出1682年出现的这颗彗星的轨道，求出了这颗彗星的周期大约为76年，并沿着一个很扁长的椭圆轨道绕太

阳逆行。它的近日点距离太阳约8800万公里，远日点距离太阳53亿公里。哈雷预言这颗彗星将于1758年底或1759年初再次回归。遗憾的是哈雷本人没有等到这个时候，便于1742年去世了。后来，别的天文学家又对这颗彗星作了进一步精确的计算。预告它将于1759年4月中旬出现，误差为一个月。这颗彗星果然于1759年3月13日，比预报日期提前一个月过近日点，并出现在预报的星座之间。这明确而有力地证明了，彗星象行星一样，是环绕太阳运动的天体。哈雷对这颗彗星预报的成功是天体力学的一大辉煌成就，极大地推动了彗星的研究工作。后人为了纪念哈雷在天文学上的功绩，便将这颗彗星定名为哈雷彗星。此后每次哈雷彗星出现以前，都要对它作出预报，并做好观测准备，因为这在人的一生中是很难得到的一次机会。

哈雷彗星绕太阳公转周期是76年，彗核直径约5公里，质量约 10^{18} 克。实际上哈雷彗星已出现多次，我国古代并把它每次出现的情况，都详细记录在史书里。公元前613年，史书《春秋》里就作了这样的记载：“鲁文公十四年秋，七月有星孛（即彗星）入于北斗”。这是公认的哈雷彗星最早的记录。哈雷彗星于1909年出现时，彗尾最长时，跨过天空约 140° ，有2亿公里，扫过地球，没有对地球形成可观测到的损害。它于1985~1986年再次出现，我国和外国天文工作者，都抓住这次“人生一次”的机会，对哈雷彗星进行了大量的观测、分析和研究，取得了许多新的资料。美国科学家们把一个称做红外转换光谱仪的观测器用探测飞机带到41000米的高空进行观察，结果证实了哈雷彗星中有水存在。我国也组织了观测队，在海南岛进行了观测，取得了宝贵的资料。哈雷彗星的这次回归，引起了广大公众的关注，很多业余天

文爱好者通过各种观测手段，目睹了它的风采。

三、流星体

在晴朗的夜晚，人们经常可以看到一道突如其来的光痕划破长空，这就是流星现象。行星际空间中存在着不少小而暗的物体、尘粒，它们受太阳引力的影响，沿着各种可能的轨道运转。地球绕日运行过程中，经常遇到它们，我们称它们为流星体。流星体以很大的速度从行星际空间进入地球大气，由于空气阻力的影响，摩擦生热，在空中灼热而发光，留下明亮的发光痕迹。这种短时间的发亮而在空中消失的流星体，称为流星。若流星体在大气中未燃烧尽，落到地面，就称为陨星（或称为陨石）。

（一）流星出现的高度和速度

流星体是太阳系里的小天体，最小的比尘埃还轻，最大的可达几千吨。极大多数流星体用大型望远镜也看不到。据估计每天进入地球大气的流星体总质量为几百吨。大多数流星体在离地面130~110公里的高度上开始发光，到90~70公里外消失。但是，少数明亮的火流星可深入到很低的高度。流星发亮的时间一般最多一秒钟左右。流星的速度是很惊人的，观测表明，流星体相对于地心的速度上限为72公里/秒，下限为11公里/秒。这两个极限速度都是流星体绕太阳运行时产生的，差别在于：前者是流星体和地球迎面相遇，后者是流星体赶上地球。

（二）流星的分类

流星可以分为偶发流星和流星群两类。偶发流星通常是指单个的、零星的、彼此无关的流星体进入地球大气所形

成，出现的时间和方向没有规律的流星。一个目视观测者在夜晚平均每1小时可以看到10颗偶发流星。同单个、零星的流星体不同的有流星群。流星群一般是指集合在同一轨道上围绕着太阳旋转的流星体群。流星群绕太阳旋转的周期通常是几年或几十年，地球从某个流星群较稀部分穿过，流星会出现得少些，从较密部分穿过，流星会出现得多些。每隔若干年，地球穿过这个流星群的密集部分，流星会出现特别多，就会出现所谓流星雨。例如狮子座流星雨，每年出现在11月14~20日，每33年有一次极大。记录上曾载明每小时达千颗，上次极大在1967年。

同一个流星群的流星看起来好象都从天空中同一点向四面八方散射开来，这一点叫做辐射点。辐射点在那个星座，就用那个星座的名称来称呼这个流星群。比如，辐射点在英仙座的流星群，就叫做英仙座流星群。

较大的流星体闯入地球大气层后，同大气发生剧烈的摩擦，边燃烧边冲入越来越稠密的大气层，由于大气的阻力越来越大，它就逐渐失去了原有的速度，而在地球引力的作用下，以自由落体向地面坠落，流星体在燃烧时，表面温度高达几千度以上，发出耀眼的光芒，甚至头部发生崩裂，就象一条“火龙”从天而降，并发出隆隆响声。这就是“火流星”。

（三）流星数目的周日变化和周年变化

从统计观测的结果来看，使用同一种方法在一天之内的不同时间，或一年之内的不同月份来进行观测，观测到的偶发流星数是不一样的。它们反映出流星的出现具有周日变化和周年变化的特点。观测统计的结果表明：在一天之内，下半夜比上半夜的流星数目多；在一年之内，下半年比上半年

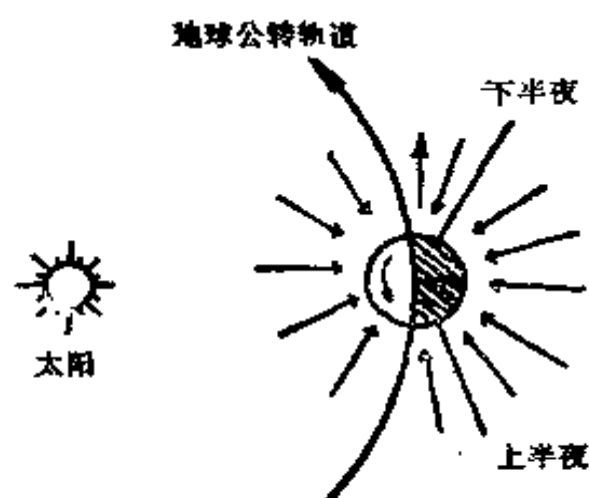


图6—3 流星数目，下半夜多于上半夜

地球静止不动，那么来自太阳系空间各个方向的流星体坠入地球大气的数目应该是相同的。但是由于地球以约30公里/秒的速度绕太阳旋转，在旋转的同时还绕轴自转，才出现了所观测到的流星数目的周日变化和周年变化。这有点象刮风沙时，顶着风所接受到的沙粒多，背着风，接受到的沙粒相对少些。

（四）流星群和彗星的关系

据研究有些流星群是由周期彗星散射出来的质点或由瓦解了的彗核形成的。彗星瓦解崩溃后，一部分在太阳系中形成了流星群，慢慢地分布在整個彗星轨道上，最后成了椭圆形的流星群环。另一部分则可能被抛出太阳系以外。

每天夜里，我们总可以看到几个流星，这叫做偶发流星，没有什么规律。而流星群则是有周期性的，每年在一定的日子里出现。如金牛座流星群（出现在十一月）与恩克彗星的轨道相同；仙女座流星群（出现在十一月）与比拉彗星有关；宝瓶座流星群（出现在五月）和猎户座流星群（出现在

的流星数目多。这个规律是由于地球在太阳系内运动的情况所决定的。从这些观测事实和流星出现的规律来看，流星数目在太阳系空间的地球轨道附近的变化，可用地球轨道运动来解释。一般地说，流星体在地球周围空间的分布是均匀的。如果地

主要流星群表

序 号	可 见 日 期	辐 射 点		特 征	周 期 (年)	有关彗星
		赤经 (°)	赤纬 (°)			
1	1月2~5日	230	+49	迅 速	5	
2	4月16~25日	210	-10	缓慢, 火流星		
3	4月20~23日	271	+33	迅 速	415	1861I
4	5月3~10日	335	-2	迅速, 有光迹	76	哈雷
5	6月22~30日	228	+58	缓 慢	6	温尼克
6	7月25日~8月10日	308	-12	缓慢, 有光迹	2.6	1881V
7	7月27日~8月11日	339	-16	缓慢, 有光迹	4.2	
8	8月7~16日	45	+57	迅速, 有光迹	120	1862 III
9	8月下旬	287	+50	迅 速	7.8	
10	8月下旬	4	+45			1861 IV
11	8月30日~9月4日	89	+39	缓 慢		1911 II?

续表

序号	可见日期	辐 射 点		特 征	周 期 (年)	有关彗星
		赤经 ($^{\circ}$)	赤纬 ($^{\circ}$)			
12	10月8~9日	265	+54	缓 慢	6.6	贾科比尼
13	11月18~23日	92	+17	迅速, 有光迹	78	哈雷
14	11月末~11月	43	+22	缓慢, 生光	3.3	恩克
15	11月上旬	56	+15	缓慢, 生光	3.3	恩克
16	11月14~17日	150	+22	迅速, 有光迹	33.2	1866I
17	11月17~23日	25	+43	缓慢, 有余迹	6.7	比拉
18	11月20日	98	+8			
19	11月20~23日	56	+22	缓慢, 亮流星	3.3	恩克
20	12月5日	13	-45	缓慢, 生光		
21	12月11~16日	111	+33	迅速, 短暂	1.6	
22	12月21~23日	2.6	+80	缓 慢	14.4	希特尔

十月)跟哈雷彗星有关。每个流星群的共同轨道在一定的宇宙空间同地球轨道相交,当地球每年定期通过这个相交点时,就能看到很多流星,有时多得象“下雨”一样,成为流星雨。

四、陨 星

有些质量大的流星体,穿过大气层特别明亮,有时还有隆隆声响,称为火流星。其燃烧未尽坠落到地面上的,就是陨星,又叫陨石。有的陨星在坠落过程中,受到气流的冲击而发生爆裂,爆裂后的许多碎块象雨点般落向地面,称为陨星雨。本世纪最大一次铁质陨星雨是1947年2月12日降落在西伯利亚的西霍得·阿林陨星雨;世界上最大的一次石质陨星雨,是1976年3月3日降落在我国吉林市郊的“吉林陨石雨”。

陨星一般分为三类:石陨星、铁陨星和石铁陨星。石陨星主要由硅酸盐组成,还有少量的铁镍金属,密度 $3.0\sim 3.5$ 克/立方厘米;铁陨星主要由铁镍金属组成,含少量铁的硫化物、磷化物和碳化物,密度为 $7.5\sim 8.0$ 克/立方厘米;石铁陨星硅酸盐和铁镍金属各占一半,密度为 $5.5\sim 6.0$ 克/立方厘米。这三类陨星中,石陨星约占全部陨星的92%,石陨星中又可分球粒陨星和非球粒陨星。球粒陨星内部一般都散布着许多球状颗粒,直径从零点几毫米至几毫米。这种球粒结构是特殊的,地球上还没有见到。在一些陨星中找到了水;一些陨星中含有钻石;还在一些碳质球粒陨星中找到了多种有机物,现在已发现60多种有机化合物。一般认为陨星的母体可能是小行星、行星、大的卫星、彗核或行星在形成前就存在的星子。陨星就是这些母体碰撞产生的碎块或瓦解的产物。

陨星是在地球上可以直接化验的天体样品，由于其质量小，演化慢，仍保持太阳系形成初期的原始状态，因此陨星象地球上的甲骨文一样是太阳系的“考古”标本。通过陨星内放射性物质相对含量的测定可以推算出陨星的年龄，测定陨星年龄对太阳系演化的年代学研究有重要意义。如根据分析和计算认为太阳星云开始凝聚的时间是距今47亿年前。太阳系各类陨星凝结的年龄大约是45~46亿年，这也可以作为太阳系各行星形成的年龄。一百多年来，运用近代的科学方法对陨星开展了多学科的综合研究，获得了大量的新资料，从而有力地促进了太阳系起源和演化的研究。如通过陨星分析可以研究太阳系形成初期的元素组成情况，可以得知一些行星、月球和某些陨星形成的温度等等。陨星中有机化合物的发现，说明在地球形成之前，已经有一些构成生命物质的基本链条，为探索生命前的化学演化过程开拓了新的前景。

五、行星际物质

在太阳系空间里，除了上述几种小天体以外，还存在着大量的行星际物质，它们主要是由极其稀薄的气体和极少量的尘埃组成。

行星际气体主要是由质子、自由电子、氢、碳、氮、氧、重元素的核所组成。这种带电粒子称为“等离子体”，主要来源于太阳风。太阳风是从太阳外层大气日冕发出的一种等离子流。由于日冕具有一、二百万度的高温，太阳引力无法永远吸住这种炽热的气体，因而它逐渐散逸到太阳系空间，形成行星际气体。所以也可以把行星际物质看作是日冕的稀薄延伸。

除太阳风以外，彗星的破裂，小行星的瓦解，以及流星体和宇宙尘都是行星际物质的来源，而且认为它们是行星际尘埃的来源。它们基本上散布在黄道平面及其附近，形成扁铁饼形或透镜形。

每当春季黄昏后，秋季黎明前不久，在中纬度和低纬地区的人，可以看到西方地平线上（秋季在东方地平线上）有一个淡淡的三角形光锥，这就是黄道光。它是由散布于黄道面附近的行星际尘埃粒子散射太阳光造成的，是行星际物质存在的有力证据。行星际物质大致对称地分布在太阳周围，它们随着远离太阳和远离黄道面而减少。研究行星际物质，对于了解整个太阳系的起源和演化的历史，以及太阳系空间的性质和星际航行的情况，是十分重要的，也是人类进入空间时代的重要研究课题。

第七章 恒星和星系

恒星是最重要的一类天体。在夜晚人们抬头所见的星空中，除少数几颗肉眼能够看到的行星之外，其余的绝大部分是恒星。组成银河系的恒星有上千亿颗。在天文学研究中，恒星占有重要的地位。由于它们距离太阳系十分遥远，近的也有几光年、十几光年，所以研究它们比较困难。现在人们对于恒星已经有了一定的认识。

星系是由恒星组成的天体系统，是比恒星更高一级的物质层次。由于它们的距离更为遥远，情况更为复杂，因此在一些方面对它们了解得不如恒星那样深入。通过当代世界上最大的望远镜可以观测到10亿个以上的星系。可见星系又是恒星集团存在的一种普遍形式。

一、恒星概述

恒星是由炽热的气体组成，能自己发光的一种球状或类似于球状的天体。恒星拥有巨大的质量，相比之下，行星、卫星、彗星和流星体的质量是微不足道的。恒星并不是静止不动的天体，只是因为离我们实在太远，在短时间内，很难发现它们在天球上的位置变化。因此，古代人称它们为恒星。晴朗无月的夜晚，在一定的地点，一般人用肉眼大约可以看到3000多颗恒星。借助于望远镜，则可以看到几十万甚

至几百万颗以上的恒星。

（一）恒星的距离

恒星的距离是研究恒星最重要的一个数据。只有知道了恒星的距离，才能够知道恒星的真正亮度；进而才能够了解到恒星在恒星集团中的分布状况。恒星距离测量的最早方法是三角视差法，以后通过分析某些恒星的光谱，或者利用造父变星周光关系等方法，测定恒星到我们的距离。早在四百多年以前，哥白尼和第谷就曾经采用三角视差法对恒星的距离进行测量。可惜，他们使用的仪器不够精密，未能获得成功。天文学史上，首先测定出恒星距离的是德国天文学家贝塞尔和俄国天文学家斯特鲁维。他们成功地采用了三角视差法，测定出恒星的距离，于1837年至1839年，先后发表对织女星、天鹅座61星距离测量的结果。现在使用这种方法已经测定出6000颗恒星的距离。除了使用三角视差法外，后来又发明了好几种其他方法来测定更为遥远的恒星距离。但是三角视差法仍为最基本的方法。

太阳是距离我们最近的一颗恒星，也是我们唯一能够看到视圆面的恒星，因此，太阳看起来比其它恒星就大得多，也亮得多。除太阳外，离我们最近的一颗恒星是半人马座中的比邻星。距离我们有40万亿多公里，合4.3光年，约等于太阳距离的27万倍。恒星都非常遥远，如果用天文单位来度量数字必然过于庞大，使用起来很不方便。所以天文学上通常以“光年”为单位，表示恒星的距离。在银河系内距离我们最远的恒星约10万光年左右。目前能观测到的最远天体，在200亿光年的远方。

（二）恒星的亮度和光度

我们所看到的恒星的亮度，是一种视亮度。早在2000多

年前，希腊天文学家喜帕恰斯，就把人们用肉眼能看到的明暗不同的星，分为六个等级。这种按视亮度所分的星等称为视星等。但视星等不能代表恒星发光能力的强弱，恒星的真正亮度是恒星真正的发光本领，称为光度。由于恒星同我们的距离各不相同，所以光度大的恒星，亮度不一定大；而光度小的恒星，亮度不一定小。

为了比较不同恒星的光度，人们假想把恒星都移到同一距离处再比较它们所具有的星等。天文学上把这个标准距离定为10秒差距，相当于32.6光年。恒星在这个标准距离处的星等就叫做“绝对星等”。例如：太阳、天狼星和织女星的目视星等分别为： -26.7 、 -1.46 和 0.03 等；可是若把它们放在32.6光年远处，太阳的绝对星等为 $+4.9$ ，天狼星为 $+1.3$ 等，织女星为 0.6 等。这样，太阳就成为一颗不亮的恒星了。恒星的光度相差很远，光度大的比太阳亮50万倍，光度弱的只有太阳光度的五万分之一。一般把比太阳光度大100倍左右的恒星，称为“巨星”。比太阳光度大1000倍或更大的星，称为“超巨星”。对光度小的星，称为“矮星”太阳就是一颗矮星。

（三）恒星的颜色、光谱型和赫罗图

经常观察恒星的人就会感觉到恒星的颜色是多种多样的。有一些恒星很红、例如夏季出现的天蝎座 α 星（心宿二）。有一些恒星呈蓝色，如冬季出现的猎户座 δ 星（参宿三）。恒星为什么会有各种各样的颜色呢？让我们举个日常生活中的例子。如果你有机会去钢厂看一下炼铁的情况，就会发现当把铁烧到一定的温度时，它就会变成红色，温度再高一些，就会成为黄色，更高的温度成为白色或蓝色。事实告诉我们，物体的颜色与其表面温度有关。恒星的颜色反映

了恒星的表面温度。红色恒星表面温度最低，蓝色的恒星表面温度最高。

恒星发出的光是由各种颜色混合组成的。通过仪器可以把恒星光分解为组成它的各种颜色的光。它们按照光波长短的秩序排列，称为恒星的光谱。太阳的连续光谱是1666年发现的，吸收线光谱则是1814~1815年，由德国夫琅和费所发现；面恒星光谱的拍摄、研究，迟至1863年，由意大利人塞西开始。人们通过研究恒星的光谱发现：颜色相同的恒星，光谱大致相同，颜色不同的恒星，光谱也不相同。恒星光谱分为O、B、A、F、G、K、M七个光谱型。按照这个顺序，恒星的表面温度由高到低，颜色由蓝到红。

表 7—1 恒星的光谱型、颜色、表面温度

光谱型	颜 色	表面温度	例 子
O	蓝	40000K~25000K	参宿一、参宿三
B	蓝 白	25000K~12000K	参宿五、参宿七
A	白	11500K~7700K	牛郎星、织女星
F	黄 白	7600K~6100K	南河三（小犬座 α 星）
G	黄	6000K~5000K	太阳、五车二（御夫座 α 星）
K	橙	4900K~3700K	大角星（牧夫座 α 星）
M	红	3600K~2600K	心宿二、参宿四

恒星光谱和恒星的光度之间的关系，首先由丹麦天文学家赫兹伯伦和美国天文学家罗素所发现。以恒星的光谱型为横座标，以绝对星等为纵座标作图，叫做“光谱——光度

图”。为了纪念最初发现这种图的两位科学家，所以又称它为赫罗图。

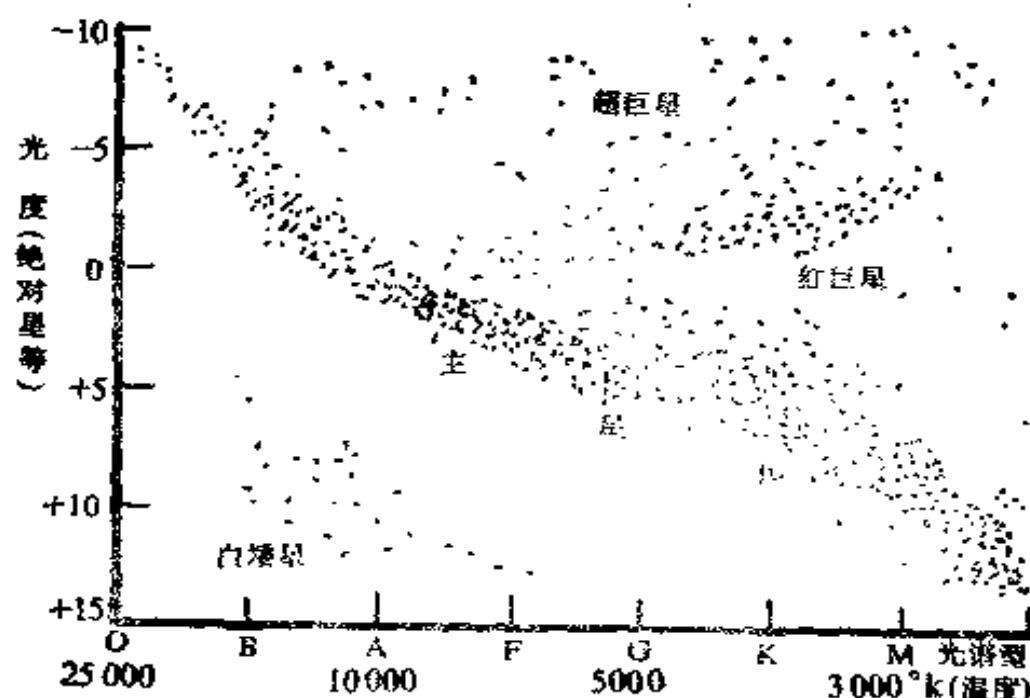


图7—1 赫罗图

赫罗图告诉我们：大多数恒星分布在自左上角到右下角的对角线上。这就是说，恒星的温度愈高，它们的光度就愈大。这样的恒星称为主序星。恒星的光度，既同表面温度有关，也同表面积有关。主序星的光度和温度的关系表明：它们的表面积（或体积）既不特别大，也不特别小。同主序星相比较，赫罗图上还有几种特殊的恒星，即巨星、超巨星、亚矮星和白矮星等分支。巨星的温度并不很高，但是，同温度相仿的主序星相比较，它的光度是较高的；超巨星的温度高低不一，而光度都是非常高的，其中高温的叫蓝超巨星，低温的叫红超巨星，后者是体积最大、密度最低的恒星；白矮星的温度很高而光度很低，它们是体积很小、密度很高的恒

星。主序星按照它的光度，又被称为矮星。太阳是一颗典型的矮星。

（四）恒星的大小、质量、密度和化学组成

恒星的大小相差是非常悬殊的。有些最大的恒星如仙王座 $\nu\nu$ 星（是一双星）的主星，直径比太阳直径大2000多倍；天蝎座 α 星（心宿二）的直径是太阳的600倍。有些恒星却比月球还小，1962年5月，发现一颗白矮星LP327—16，直径大约只有1700公里；还有一颗白矮星LP768—500，直径还不到1600公里。最近还查明一颗脉冲星（又叫中子星），其直径只有20~30公里左右。

质量是恒星的另一个重要数据。测定恒星质量比测定恒星距离还要困难。目前能够测定出质量的恒星仅有百余颗。在亿万颗恒星之间，太阳的质量只居于中等。恒星的质量有大到太阳50~60倍的，也有小到太阳 $1/20\sim 1/30$ 的。大部分恒星的质量都在太阳质量的0.5倍到5倍之间，可见，恒星的质量相差不是很悬殊的。

恒星之间密度相差非常大。有些恒星的密度非常小，例如心宿二这颗红色巨星，它的密度只有水的密度的一百万分之一，还不到地球表面空气密度的千分之一。有些恒星的平均密度却十分惊人。如天狼星的伴星，是一个很小的白矮星，直径大约只有地球直径的0.8倍左右，质量却和太阳相等，它的平均密度大约是水的70000倍。1967年，人们发现射电脉冲星是一种快速自转的中子星，这类恒星的密度为水的10万亿倍，也即在它上面，每立方厘米的物质竟重达1亿吨。

多数恒星的化学组成与太阳差不多。少数恒星的化学组成特殊些。绝大多数恒星大气，都是氢最丰富，按质量计，

氢占78%，氮占20%，其余的2%中，O、C、N三种元素又占去了一半多；剩下的不到1%中，较丰富的是Ne（氖）、Fe（铁）、Si（硅）、Mg（镁）、S（硫）等。少数星，例如光谱型是R和N型星的大气里，碳特别多，S型星大气里锆、锗特别多。恒星内部的化学组成直接观测不到，只能根据测量和恒星内部结构理论推断出它们的概况。

（五）恒星的运动

由恒星组成的银河系是处在不停地运动之中，太阳及其附近的恒星约以每秒250公里的速度在绕银河系中心转动着。此外，银河系中的恒星，由于相互之间的万有引力的作用都在以不同的速度，向不同的方向运动着。太阳日前正以每秒19.7公里的速度朝武仙座方向运动着。恒星每年在天穹上移动的角度，叫做恒星的自行。大多数恒星的自行都很小，每年不到0.1″。一般说，离我们越远的恒星，看起来自行越小，离我们越近的恒星看起来自行就越大。1916年，美国天文学家巴纳德发现蛇夫座里一颗10等的暗星，每年自行达10.31″，它是恒星世界里的“飞行能手”，人们称它为“飞星”。它现在距离我们5.9光年，是除了太阳、比邻星以外，最靠近我们的恒星。它正在继续向我们接近，估计到公元11800年，与我们的距离将缩短到3.75光年，到那时，将成为离我们最近的恒星（除太阳外）。

现在已测出大约20万颗恒星的自行。恒星不仅有横向运动的自行，而且还有一种移近或远离我们的视向运动。有些恒星的视向速度，可以超过500公里/秒。另外恒星还有自转速度。^⑥大多数蓝白或白色的恒星自转较快，黄色和红色的恒星自转较慢。例如太阳约25—27天自转一周；牛郎星约6小时自转一周；有的高速自转的中子星甚至在1秒钟内可自转

30周。

（六）恒星的磁场

1946年美国天文学家巴布科克首先测出室女座78星的磁场强度约为1500高斯，近几十年来，天文工作者对恒星磁场进行了大量观测和研究。测定磁场的原理是塞曼效应。研究表明：上百颗恒星的磁场强度，高达几千乃至几万高斯；脉冲星磁场最强，可达 $10^{12} \sim 10^{13}$ 高斯。其次就是A型特殊星的磁场，它们的磁场强度作周期性地变化，极性也改变着。然而，恒星的磁场是如何产生的？它又是按照什么规律变化的？仍是一个尚待解决的问题。

二、各种各样的恒星

大多数恒星，大同小异；少数恒星，在某些方面是与众不同的。它们是双星、聚星和星团，变星、新星和超新星，脉冲星、白矮星和黑洞。

（一）双 星

一般的恒星是单个存在的。但是，在已经认识的恒星中，大约有1/3是成双成对的，称为双星。例如，全天最明亮的天狼星，就是一对双星。有些双星在天球上相互靠近，在宇宙空间则相距遥远，因而没有相互绕转的关系，称为光学双星。光学双星并没有什么研究价值。真正的双星即物理双星，不仅在天球上的视位置比较接近，而且因相互吸引而相互绕转。在相互绕转过程中，有的双星有相互遮掩的情况，并且周期性地改变其视亮度，这叫做交食双星。英仙座 β 星（中名大陵五），是最先发现的一颗交食双星。最亮时为2.2星等，最暗时为3.4星等，光变周期为2天20小时49分，

离我们88光年。

在望远镜里能直接用眼睛看出是两个星的双星称为目视双星。这种双星的两个子星一般相距较远；两子星互相绕转的周期较长，都在一年半以上，大多数长于5年，到目前为止，已发现的目视双星有7万多对。目视双星的颜色是绚丽多彩的，如天蝎座 α 星（心宿二），主星为红色，伴星则为绿色；狮子座 α 星（轩辕十四），主星为白色，伴星为浓蓝色。

利用分光方法发现的双星，称为分光双星。因为这类双星，由于它们的两颗子星间的距离很近，绕转周期也很短（大部分周期小于10天），因此，通过望远镜，用肉眼或照相方法都不能分辨出它们的两颗子星。只有通过天体谱线位置变化的观测分析，才能判断出是双星。到现在为止，已发现5000对分光双星，周期最短的不到82分钟（天箭座WE），最长的88年（蛇夫座70）。

双星中，凡一个子星影响另一个子星演化的物理双星都称为密近双星。这类双星在两子星互相迅速地绕转时，会有强大的气流（物质流）从一颗子星中不断地抛出。这些被抛出的物质，一部分跑到另一颗子星附近，形成恒星周围的物质，有的可能进入到星际空间。密近双星的运动周期，较长的有27.1年（御夫座 ϵ ）大多数为几天或几小时，也有短的只有17分半钟。密近双星是恒星世界中一种普遍存在的天体，在天文学研究中意义很大。

（二）聚星

三个到十来个恒星聚合在一起，组成一个体系，这样的恒星集团就称之为聚星。有些聚星又可以看作是一组多双星的恒星体系。可以利用研究双星体系的方法来研究聚星体

系，但显然要复杂得多。包含有三个子星的聚星，称为三合星；包含有四个子星的聚星，称为四合星。聚星可分为普通聚星和四边形聚星。

普通聚星其成员星两两组成双星。典型星为大熊座 ζ （中名为开阳）。开阳星与其附近一颗叫“辅”的星组成双星，相距约19000天文单位。1650年，用望远镜发现，开阳星是由两颗星所组成的。这是恒星中第一次发现的双星。主星（大熊座 ζ 甲）与伴星（大熊座 ζ 乙）相距400天文单位。1889年，发现大熊座 ζ 甲是分光双星。1908年，发现大熊座 ζ 乙也是分光双星。以后，又发现“辅”也是一颗分光双星。开阳和辅也有物理上的联系。最近，有人发现大熊座 ζ 乙是由三颗星组成的。因此，大熊座 ζ 是包括七颗恒星组成的系统，实际上是一个七合聚星体系。

四边形聚星成员间的距离相差不多，成员星的运动各有不同的方向，没有周期性，这个系统是不稳定的。最著名的四边形聚星是猎户座 θ ，用望远镜看，它由4颗亮度和光谱型都差不多的子星，构成一个边长接近相等的四边形。这四颗星的运动方向各不相同，很不稳定。观测表明，这是属于一种正在瓦解着的恒星体系。

（三）星 团

在银河系中，恒星除以单星、双星和聚星的方式存在以外，还有更大数目的恒星集体称为星团。一个星团的成员可多达几十万颗。许多较亮的星团，用肉眼或小型望远镜就能看到。看起来，它们呈现出一个模糊的亮点。

星团可分为球状星团和疏散星团两类。星团中相邻的恒星彼此靠得很近，空间运动大致相同，很可能是具有相同起源的集合体。组成星团的恒星也各有自己的特色，有高温

的，也有低温的；有质量大的，也有质量小的。

球状星团是指形状呈球状对称或扁球状对称的星团。规模较大，成员星一般由几千颗到几十万颗；结构较紧密，由边缘向中心高度密集。球状星团是银河系中恒星分布最密集的地方。星团内恒星的平均密度，要比太阳附近的恒星密度大50倍左右，星团中心恒星的密度，甚至还大1000倍以上。球状星团的大小为60光年到500光年。目前，在银河系内发现了130多个球状星团，估计银河系球状星团总数约有500个。著名的球状星团有半人马座的 ω 星团，这是全天最亮的球状星团。目视星等为3等，肉眼可见。北半球天空著名的球状星团有武仙座 M_{13} 、猎犬座 M_3 。

疏散星团是指具有不规则的外形，结构松散的星团。规模较小，成员星由十几颗到几百颗恒星组成。这些成员星之间距离较大，一般都能用望远镜很方便地把它们分解成单颗恒星，因而取名为疏散星团。这种星团大都分布在银道面两旁宽度为 7° 的银河中心区的狭带上，因此，又叫银河星团。星团的直径大约为6光年到50光年不等，与我们相距为从130光年到16000光年不等。但是，由于疏散星团距离我们越远越不容易将星团中的成员与它们附近的背景星区分开来，再加上银道面附近的星际消光严重，我们无法观测到离太阳较远的疏散星团。现在已知疏散星团的总数为1000多个，据估计，银河系里这种星团可能有18000个。在著名的疏散星团中，有与我们相距约420光年的昴星团（七姐妹星团），古人认为它是由七颗星组成，而实际上远不止7颗。在晴朗的夜晚，视力强的人就可以看到10颗以上，其实它是由200多颗恒星组成的。此外，毕宿星团、鬼宿星团等，也都是著名的疏散星团。

(四) 变 星

大多数恒星的光度在短时期内几乎是不变的。太阳就是这样。但是，有些恒星在几年、几日甚至几小时内就会发生明显的，特别是周期性的变化。这样的恒星叫变星。变星分为三类，即几何变星、脉动变星和爆发变星。

几何变星就是因为几何位置变化而发生变光现象的变星。上述的交食双星，就是一种几何变星，并且被称为食变星。脉动变星就是因为星体本身的周期性的膨胀和收缩而发生光度变化的变星。在膨胀的时候，它就变得明亮。反之，在收缩的时候，它就变得阴暗。它的变化周期，特别短的不足一小时，特别长的达到十年以上。已知的脉动变星，有一万多颗，在变星总数中占一半以上。

爆发变星就是因为星体本身的爆发现象而发生光度变化的变星。普通的爆发变星叫新星。它们的光度在几天内突然增加9个星等以上，由暗星变成亮星，甚至由看不见的星变成明亮的恒星。以后，在几个月到几年的时间内它们的光度逐渐下降到爆发以前的状态。在爆发的过程中，它们释放出大量的能量和一部分质量，但继续是一颗恒星。爆发规模超过新星的爆发变星，叫做超新星。它们的光变幅度超过17个星等，即亮度增加千万倍以至万万倍。这是恒星世界已知的最激烈的爆发现象。经过这样爆发以后，超新星就只留下一个高密度的残骸，而不再是一个恒星了。

(五) 脉冲星

1967年，人们发现一种新型的变星，叫做脉冲星。它们不同于通常所说的变星，也不同于一般的脉动变星，因为它们发出很强烈的短周期的无线电脉冲。脉冲的周期很短，最短的周期是0.03秒，最长的周期也只有4.3秒。但是，它们

的能量很大，一次脉冲的能量相当于目前全世界用电量的一万万倍。这种恒星具有一般恒星的质量。但是，它们的体积比一般行星还要小得多。可以想到：他们的密度是非常高的。白矮星的中心密度是水的10万倍到1000万倍，这已经是十分惊人的数字。但是，脉冲星的密度比这还要高，它们的中心密度是水的十万万万倍到一千万万万倍。

除了高密度以外，脉冲星还有其它的特点，例如有很强的磁场和快速的自转。根据它们的全部特点，人们认为：脉冲星实际上就是中子星，即由中子组成的恒星。中子星的特点是同高温高压相联系的，因为在高温高压的情况下，电子就有足够的能量打进质子，并且同质子结合而成中子。脉冲星的强烈的无线电脉冲，同中子星的快速自转有关，它们的脉冲周期就是自转周期，因为无线电脉冲来自中子星某一特定的部分。

（六）白矮星

白矮星是指光度低，温度和密度都很高的一类恒星。它的性质奇特，光度非常小，比正常恒星平均要暗1000倍。质量和正常恒星差不多，平均为0.7个太阳质量。表面温度平均为1万度。半径平均只有1万公里，和普通行星差不多。但密度极高，每1立方厘米的白矮星物质，可以有几吨到几十吨重。白矮星在高温、高压、高密度的条件下，原子的电子壳层结构不再存在，电子成为自由电子，自由电子组成电子气体。电子运动所产生的压力很大，使白矮星不致于塌缩。

白矮星是由红巨星演化而来。红巨星内部不断地进行核反应，体积不断膨胀，不断向外抛射物质，当红巨星的质量减少到一定程度后，剩余的星体便演化为白矮星。白矮星是

衰亡的恒星。目前已发现有1000多颗白矮星。据理论计算，在全天所有的恒星中，每100颗恒星中，应该有10颗白矮星。但据观测统计，白矮星只占整个恒星数目的3%。在许多年老的星团中都发现了白矮星，这说明它确实是正在走向死亡的恒星。

（七）黑 洞

黑洞是广义相对论所预言的一种特殊天体，很多观测事实表明它存在的可能性，但至今尚未找到与它对应的天体的名称。黑洞的特点：一是黑，它无光射到地球上来，因而看不见它；二是它象一个洞，一旦落到它里面，就象掉入无底深渊，再也跑不出来。黑洞具有一个封闭的边界，外来的物质和辐射可以进入边界以内，而边界内的任何物质都不能跑到外面。

早在1798年，拉普拉斯曾预言一个直径比太阳大250倍而密度与地球相等的发光恒星，在其引力作用下，将不允许任何光线离开它的“势力范围”。那里将成为“黑暗一团”。1939年，奥本海默第一次提出比较明确的黑洞理论。他认为，如果恒星的质量保持不变，而让它们不断地收缩下去，那么恒星的物质密度就会越来越大。它们如果一直收缩下去，就会变成黑洞。

目前一般认为黑洞有三种形成的方式。一是核燃料全部耗尽后的恒星，开始坍缩。星体坍缩时，质量小于1.44倍太阳质量时，它就演变成白矮星；如果质量大于1.44到2倍太阳质量时，就会演变成中子星；当质量超过2倍太阳时，则平衡态不存在，星体无限收缩，密度越来越大，最后演变成黑洞。二是星系或球状星团的中心，恒星很密集。如果发生大规模的碰撞，由此产生超巨质量的天体，它们坍缩后会形成

黑洞。三是宇宙当初发生大爆炸时，巨大的爆炸力把大量物质挤压得很紧密，于是可以形成“原生黑洞”。

黑洞的密度一般是很高的。如果太阳收缩到半径只有3公里，那么它就成了一个黑洞。密度可达到200亿吨/立方厘米。黑洞的质量越小，发射粒子的速度就越快。例如，一个质量与太阳相当的黑洞，约需 10^{65} 年才“蒸发”殆尽。而一个质量为1000克的原生黑洞，竟能在百万亿亿分之一秒内就“蒸发”得干干净净。与此同时，它的温度可以上升到1200亿度！因此，黑洞的“自发蒸发”，会使得质量很快减少；而质量的急剧减少，又使“蒸发”更猛烈。最后，黑洞甚至还会出现剧烈的爆发。

目前，认为最有可能是黑洞的天体，是天鹅座X-1。它是一颗强X射线源，它本身又是颗明亮的蓝星，有一颗伴星，质量为太阳的10~20倍，可是却看不见。另外，在椭圆星系M₈₇的核心，可能有一个大型黑洞，质量大约是太阳的90亿倍。

黑洞之迷的特点在于：并没有人在经过严肃周密的理论思考和计算后否定黑洞的存在；而是尽管理论研究一再指出，宇宙中应存在这种奇异的天体，但由于它给出的信息是如此之少，以至人们提出许多黑洞的候选天体，设想出多种黑洞模型，经常用黑洞来解释各种难以解释的天文现象，却至今没有一位黑洞的热情拥护者敢于宣称，他已确凿地找到一个黑洞。天文学是一门以观测为基础的科学，只要观测中没有找到可靠的证据，就不能认为它必然存在，黑洞就是这样的天体。但人们的思想中，找到黑洞只是时间问题，而不是能否问题。人们正期待着黑洞之迷的揭晓。

以上可以看出，恒星世界是一个瑰丽多姿、丰富多彩的

领域。宇宙是物质的，而物质的存在形式是多种多样的，各种特殊恒星的出现是不足为奇的。它们是恒星演化到一定阶段的产物，所以对这些特殊的恒星的研究与天体演化的研究关系非常密切。

三、星云和星际物质

和太阳系空间充满着行星际物质的情况一样，在恒星际空间里也充满着恒星际物质。恒星际物质的分布是很不均匀的。物质密度较大的区域，所观测到的是雾状斑点，称为星云；物质密度稀薄的区域，称为星际物质。实际上，星云和星际物质之间没有什么本质上的区别。

（一）星 云

星云是指太阳系以外银河系以内的一切非恒星状的气体尘埃云。用肉眼或小望远镜看星空中的星云，一般呈云雾状的斑点。一些较近的河外星系，其外观也象星云，几百年来一直也称为星云。自从1924年以来，才把银河系内形状不规则的气体和尘埃，称为银河星云。把外观象星云，但在银河系之外的别的恒星系统，则称为河外星系。目前把银河星云称为星云，把河外星云称为星系。

星云的形状不一，亮暗也不等。人们用肉眼只能看到一个猎户座大星云，这说明一般星云都是十分暗弱的。星云中的物质，都是由气体和尘埃组成的。星云中温度是很低的。物质密度也很稀薄，有的比实验室最好的真空还要稀薄得多。实验室最好的真空，密度一般为每立方厘米一万亿分之一克，星云密度一般只有每立方厘米一百万亿亿分之一克。星云的体积很大，要比太阳系大许多倍，总质量也很大。星

云物质的主要成分是氢，其次是氮。此外，还有碳、氧、氟、镁、钾、钠、钙、铁等元素，还发现有羟基、一氧化碳和甲烷等有机分子。就形态来说，星云可以分为行星状星云、弥漫星云和超新星爆发后的剩余物质云；就发光性质来分，星云可以分为亮星云和暗星云等。

1. 行星状星云

行星状星云是一种呈圆盘状的、带有暗弱延伸视面的发光天体。从外貌上看起来很象行星的样子，所以称为行星状星云。行星状星云的中央都有一个很小的核心，它是一颗高温的核心星。绝大多数行星状星云在核心星外呈环状物或圆盘状物，少数的有双环结构或旋涡结构。天琴座环状星云就是一个著名的典型行星状星云。

行星状星云的气壳在膨胀，速度为每秒10公里到50公里。其化学组成和恒星差不多，质量一般在0.1到1个太阳质量之间，密度在每立方厘米100到10000个原子（离子）之间。温度为6000K到10000K，中心星的温度可高达30000K以上。据估计，行星状星云的寿命平均约为30000年左右。这类星云的出现，象征着恒星已到晚年。在银河系存在期间，将近10亿到100亿个恒星，经历过行星状星云阶段。因此，这种天体很可能是一种普遍存在的天体。银河系中大部分恒星，很可能都要经过行星状星云而后才“死亡”。目前，在银河系中已发现有1000多个行星状星云，估计银河系中应有40000~50000个行星状星云。在其它星系中也发现了不少行星状星云。

2. 弥漫星云

弥漫星云的形状多种多样，很不规则，常常没有明确的界限。它们是延伸天体，平均大小为几十光年，比行星状星

云大得多，也暗得多。其密度更为稀薄，每立方厘米只有几个质子和电子。弥漫星云的质量多种多样，有的大到几千倍太阳质量，有的小到太阳质量的几分之一，大部分弥漫星云的质量是太阳质量的10倍。弥漫星云在银河系内呈不均匀分布，有成群分布的倾向。这种星云花色繁多，形态各异。按照星云发光情况，弥漫星云又可分为亮星云和暗星云两类。其中亮星云又可分为发射星云和反射星云。

亮星云是发光的弥漫星云。一些亮弥漫星云所以发光，是由于在其内或在其近旁有表面温度很高的热星，它的强烈紫外辐射，激发星云内部的气体，产生光致电离而形成星云的发射光谱；另一些亮弥漫星云所以发光，是由于它的组成物质尘粒反射附近较亮恒星的光。前者称为发射星云，后者称为反射星云。猎户座大星云就是一个著名的亮星云的例子。它是一个有发射线的明亮弥漫星云，距离我们1500光年；而昴星团星云则是著名的反射星云例子，距离我们410光年。若弥漫星云里面或附近没有很热的星或亮星，星云就不发光，在亮的恒星背景上，呈现为暗星云。暗星云吸光的原因是，弥漫星云中的大小约为 10^{-5} 厘米的尘埃对背景光的反射造成的。在夏夜星空所见到的银河中，暗星云最明显的区域是从天鹅座起向南延伸的一条黑色的“煤袋”。银河被这块暗星云分割为两个分支，其间的广大的暗黑区域，就是一块庞大的暗星云。

此外，超新星遗迹也是一种气体星云，它们的光谱类似于发射星云，现已在银河系中发现了约有近百个超新星遗迹。大多数超新星遗迹为气壳状，少数的超新星遗迹类似于蟹状星云，物质连续地分布。例如英国天文爱好者在金牛座发现的星云，其形态酷似一只螃蟹，便形象地取名为蟹状星

云。它就是1054年超新星爆发的遗迹。这是一颗引人入胜的天体。公元1054年正值我国北宋年间，我国现存的好几种古代文献都对它做了详细的记载。当时这颗超新星爆发时非常亮，甚至在白昼连续20天内都可以看见，以后逐渐变暗，经过650天后肉眼就看不见它了。700年后，人们用望远镜对准超新星爆发所在天区，发现了蟹状星云。它的质量与太阳相等，距离我们6300光年。

（二）星际物质

在恒星与恒星之间，存在着极其广大的空间，称为星际空间。在星际空间里，除了星云外，还有一些其它形式的物质，统称为星际物质。星际物质的总质量约占银河系总质量的10%，平均密度为每立方厘米只有1个氢原子。温度可从几K到几千万K。星际物质在银河系内分布是不均匀的。当星际物质的质点，在每立方厘米内聚集到10~1000个时，就成为星际云。

主要的星际物质有两类，即星际气体和星际尘埃。星际气体是指星际空间中存在的气态原子、分子、电子、离子等。其中以氢为最多，氮次之，其它元素含量很少。星际气体的分布并不是均匀的，而是形成一块一块的云团。而在云团之间或许还弥漫着更加稀薄的气体 and 尘埃。星际尘埃就是微小的固态质点，它们的直径约为万分之一厘米。它们分散在星际气体之中；其总质量仅占星际物质的十分之一左右。它们主要成分是水、氨和甲烷的冰状物以及二氧化硅、硅酸镁、三氧化二铁等矿物。星际尘埃能够吸收和散射可见光，特别是蓝色光。因此，星际尘埃使得星光变暗和变红。

现在一般认为，恒星早期是由星际物质聚集而成，而恒星又以各种爆发、抛射和流失等方式，把物质送回到星际空间。

四、银河系

星系是比恒星更高一级的物质层次。在星系世界里，星系是这一物质层次的基本单元。银河系就是星系世界里的一个典型的基本单元，我们所在的太阳系在这个星系里只是一个普通的成员。由于银河系在星系世界里具有一定的代表性，下面便从它开始介绍。

（一）银河和银河系

在夏秋之间的暗夜，抬头仰望天空，就会看见模糊一片横亘天际的乳白光带，人们称它为银河。它几乎环绕全部天空一圈，将天空分为两部分，气魄雄伟，浩浩荡荡，犹如天上的“河”。在我国古代另有星河、明河、银汉、银横、天杭、高寒等名称。在欧洲则冠以“牛奶色道路”的美名。

银河经过的星座有仙后、御夫、麒麟、南船、南十字、半人马、天蝎、人马、天鹰、天鹅等。银河各部不一样宽，有的地方宽度只有 $4^{\circ}\sim 5^{\circ}$ ，有的地方则达 30° 。用一架小望远镜来观测银河，就立即可以看出它是由许许多多的恒星所组成的。由于星数太多，肉眼分辨不出单个的星，看起来它便成了一条白茫茫的光带。把望远镜朝着垂直于银河的方向看去，星数便少得多，恒星高度集中在银河带内的现象，很自然地使人们认为恒星世界可能组成扁圆形的庞大系统。

“银河”是恒星密集的区域，天空中一颗颗恒星和银河里的恒星、星云、星团、星际物质，都属于一个庞大的运动着的恒星系统，叫银河系。“银河”就是银河系中密集于银河系赤道面的恒星在天球的投影。据计算，银河系里大约有一千至二千亿个恒星。太阳就是银河系里一个普通的恒星。在

地球上，我们肉眼所能看到的恒星数目大约有6000个，它们只是银河系的一小部分。

1. 银河系的结构

在银河系里，恒星的分布是不均匀的，大致是在银河系的中心区域，恒星分布比较密集，而离中心愈远，恒星分布愈稀疏。银河系有一个很小的致密的核心，称为银核。在地球上看起来，银核位于天球上人马座的方向。银核的中心叫

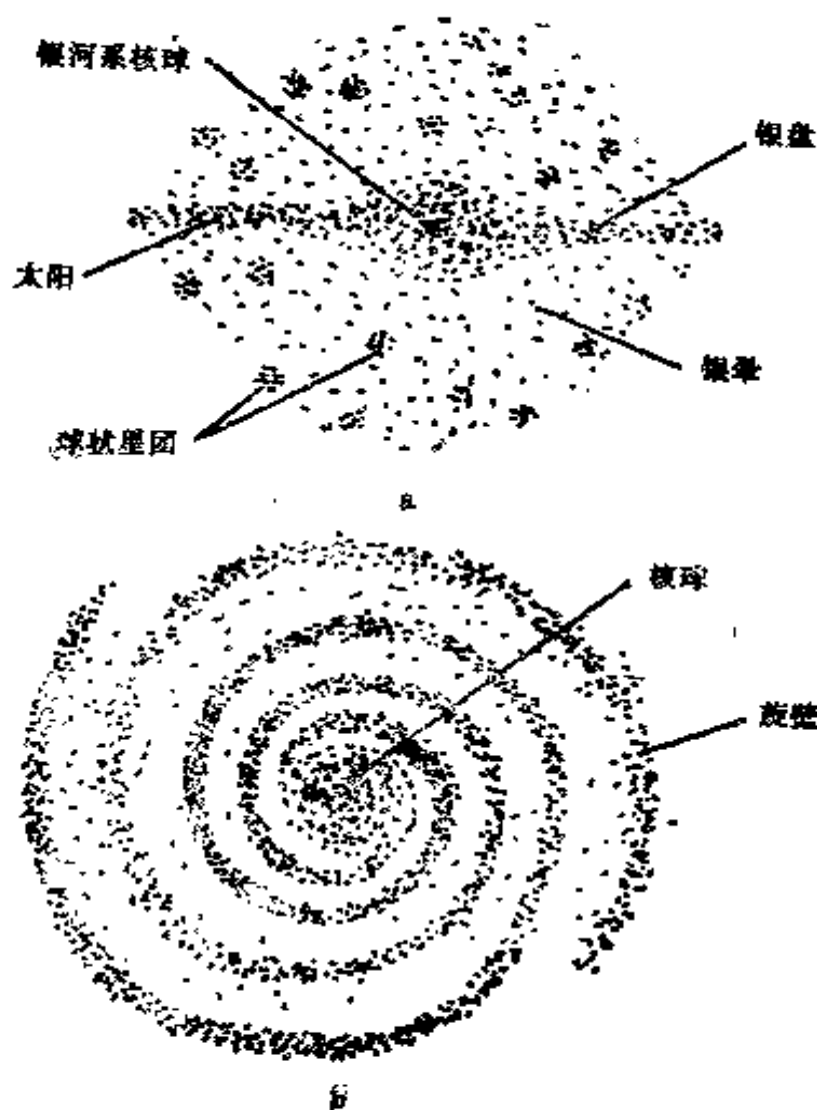


图 7—2 银河系的结构
(a. 侧视图 b. 俯视图)

银心。银核的四周，也聚集着大量的恒星，构成扁球状的圆盘叫做银盘。离银核越远，密集程度越低。银盘的直径约10万光年，中心厚度是1万光年，边缘厚度仅1千光年。所以银盘形似“铁饼”，从侧面看又象一个织布的“梭子”。

银河系是一个典型的旋涡星系。从银核的对称两端伸出几条旋臂，旋臂由许多较亮的恒星和星云组成。在银盘的周围一个近似圆球形的范围内，也存在着一些恒星，只不过是十分稀疏罢了，这部分叫做银晕，银晕的直径为10万光年。它是由稀疏分布的老年恒星和星际物质组成的。

2. 银河系的运动

组成银河系的各类成员都处在运动之中，恒星除了自身的运动以外，还在围绕着银河系的中心旋转，这叫做银河系的自转。当银河系自转时，靠近银心部分的天体，其运动性质接近于刚体（绕转体围绕中心旋转运动的线速度与它至中心的距离成正比），在这个区域内的恒星，几乎以同一角速度绕银心旋转。在银心以外的银盘部分，运动性质就偏离了刚体，其运动就象行星绕太阳一样，比较接近于开普勒运动。也就是说，银河系的旋转运动，中间部分快，越向外旋转越慢。因为银河系自转，银盘的外形才成为扁球状。银盘的中心平面，就是银河系自转的赤道面，简称为银道面。银道面与地球赤道面成 62° 的交角，因此银河系两极（银极）和天球两极（天极）也相距 62° 。银北极在后发座，天北极在小熊座。

正象从行星运动可以推算出太阳质量一样，根据银河系自转，可以推算出银河系的总质量为太阳质量的 1.4×10^{11} 倍。在众多恒星之中，太阳质量是中等水平，因此银河系应当包括1500亿颗恒星。另外，还有大量的星云、星际物质

等。所以银河系确实是个庞大的天体体系，我们在地球上肉眼所能看到的天体，一般说来都是银河系的成员。

3. 太阳在银河系中的位置

太阳系是银河系的成员。在银河系中，太阳居于怎样的位置？首先，太阳位于银河系的赤道面附近，距赤道面仅25光年。如果太阳位于银道面之外，例如位于银晕，那么，在地球上看起来，银河将是一个圆面或者椭圆面，占据着一大片天空。银河系之所以在天球上成为一个圆环，就是因为人们是从这个扁球之内观察这个扁球的。

其次，太阳并不位于银河系中心。如果太阳位于银心，通过地球或太阳的平面会把整个银河系分成大致相同的两部分。银河各部分的明暗程度也应该是大体相同的。但是，事实上银河各部的明暗程度不同，其中特别广阔和特别明亮的部分位于人马座的方向，也就是银心所在的方向。如果把银河分成两个半圆，那么，银核所在的半个银河就显的格外明亮，而另外半个就比较暗淡。

第三，太阳距银心大约3.3万光年。因此，银盘的边缘

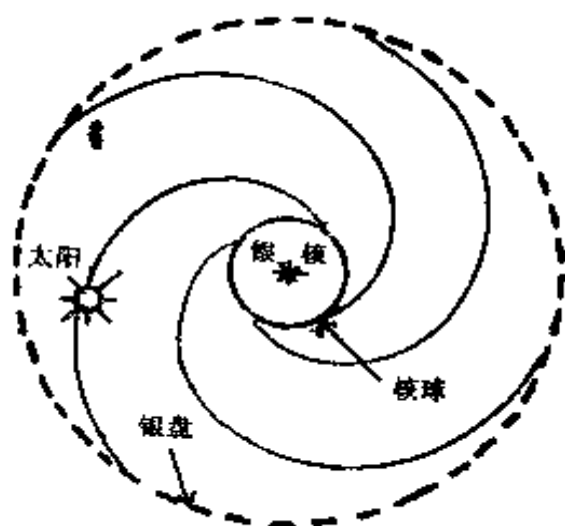


图7—3 银河系俯视图

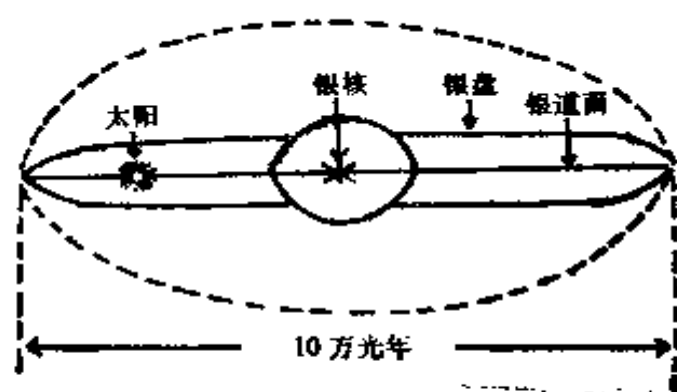


图7—4 银河系侧视图

对于太阳的距离，为2~8万光年不等。在银心所在的方向，太阳距银盘边缘约8万光年。因此，在这个方向上，恒星就显得特别多。反之，在同银心相反的方向，太阳距离银盘边缘只有两万光年，因此，恒星就显得较少一些。

太阳在银河系自转中对于银心的运动速度是250公里/秒，绕银心运转一周的时间大约是2.5亿年。地球自形成以来，它已随同整个太阳系绕银心运转大约20圈了。太阳在带着它的家族绕银心运转的同时，本身还以19.7公里/秒的速度朝武仙座方向挺进。庞大的银河系是一个永恒运动着的物质世界，但它在茫无涯际的宇宙中只不过是一个小岛而已。

五、河外星系和总星系

河外星系是指银河系之外的主要由恒星组成的“星云”。它也与银河系一样，是由几十亿至几千亿颗恒星以及星际尘埃和气体物质等构成，范围达几千到几十万光年的庞大的天体系统。人类对星系的研究工作开展得比较晚。以前自然科学家所讨论的天文学宇宙，实际上只局限于太阳系和银河系，直到十七世纪望远镜发明后，人们陆续观测到一些云雾状天体，称为星云。十八世纪德国的康德、瑞典的维登堡和英国的赖特都猜想这些云状天体可能是由恒星集合成的巨大天体系统，只是因距离太远无法分辨成员星。1924年，美国的哈勃用威尔逊山天文台2.5米大望远镜把仙女座大星云M₃₁的边缘部分分解为恒星，并在里面发现了几颗造父变星。从而首次测定了它的距离，这才认为仙女座大星云是一个处于银河系以外的星系。1944年又成功地把仙女座大星云

的核心部分和一些椭圆状河外星云分解为恒星，最终肯定了它们是银河系以外的天体系统，称它们为河外星系。河外星系是很多的，望远镜越大，能看到的星系就越多。目前已知亮于20等的星系，大约有2000万个。

星系的形态和结构又是多种多样的。按星系的外形可分为椭圆、透镜、旋涡、棒旋和不规则五种类型。银河系属于旋涡星系。靠近银河系的河外星系有20几个，其中最著名的是仙女座大星云、大麦哲伦星云、小麦哲伦星云。仙女座大星云是在地球北半球肉眼可见的最显著的河外星系。距离我们约220万光年。大、小麦哲伦星云距天南极较近，只有在 20°N 以南的居民才能看到。它们是十六世纪葡人麦哲伦的船队驶经南美端一个海峡时发现的，因而定名为大麦哲伦星云和小麦哲伦星云。大麦哲伦星云距离是16万光年；小麦哲伦星云距离是19万光年。它们是银河系的近邻。即使如此，它们的光线仍要分别走16万年和19万年的时间才能到达地球。

在宇宙空间，星系的分布也是不均匀的，也有成群结队的状况。十分有趣的是，星系的聚集方式和恒星极其相似。孤立的星系是极个别的，绝大多数星系都是属于各种类型星系集团中的一员。两个星系聚集在一起，组成了双重星系、三个以上到十几个星系聚集在一起组成了多重星系。前者相当于双星，后者相当于聚星。十几个至几十个星系聚集在一起的，称为星系群。上百个至上万个星系聚集在一起的星系集团，则称为星系团，它相当于星团。许多个孤立的星系，星系群和星系团合起来组成超星系团。所有星系总合起来，组成了总星系。

以银河系为中心，方圆约300万光年范围内，包括大、

小麦哲伦星云，仙女座大星云等三十多个河外星系，叫做本星系群。本星系群不过只是30几个星系的集团。比本星系群更大的天体系统是离我们最近的室女座星系团。它的直径为1300万光年，包含有2500个星系，距离我们约7000万光年。本星系群与室女座星系团又构成更高一级的星系集团，叫本超星系团。

目前已观测到的星系团有一万个之多。距离银河系最远的约有70亿光年。星系团展示了宇宙间物质分布的图样，它好象是无限的宇宙中的星罗棋布的小岛屿，所以星系团享有宇宙岛的称号。据现代研究认为，所有星系团还属于一个更高一级的天体系统，叫做总星系。就目前观测工具所能达到的范围（以光学望远镜观测所及约100亿光年，射电望远镜观测约200亿光年为半径的空间）来说，约有10亿个星系，都属于总星系。但总星系仅是目前人类所认识的无限宇宙中的有限部分。

从上面可以大致看出宇宙的一些宏伟画面。宇宙是物质的；宇宙在空间上是无限的，没有边界，没有形状，没有中心；宇宙在时间上是无始无终的。但无限的宇宙是由具体的天体体系构成的。宇宙的无限性富于无数有限的具体的天体体系之中，无数的有限的天体体系，构成了宇宙的无限性。如地月系——太阳系——银河系——星系群——星系团——总星系，这些不同层次的天体体系在空间上和時間上都还是有限的。所以，总星系还不是宇宙，对无限宇宙来说，它仍然只是沧海一粟。宇宙还有待于我们去进一步探索研究。

六、类星体

类星体是本世纪六十年代著名的天文学“四大发现”之一，是人们前所未知的一类性质奇特的天体。迄今所知的类星体已达数千。据认为，它们是宇宙中目前所知最遥远，也最明亮的天体，并因而荣获了“宇宙灯塔”之雅称。

类星体的发现有一段饶有兴味的故事。1960年底，美国天文学家桑德奇宣布发现有一个天体的位置与射电源 $3C_{48}$ 相吻合。它的光谱中有一些又宽又亮的发射线，它们在光谱中所处的位置很奇特，因此长达三年之久而无人识。1963年，另一位美国天文学家施米特又发现一个与 $3C_{48}$ 很相似的天体 $3C_{273}$ 。他详细研究 $3C_{273}$ 的光谱后惊人地发现：象氢、铁和镁这些很平常的元素就是这些神秘的光谱线的来源，它们因巨大的多普勒位移而变得认不出来了。 $3C_{273}$ 的谱线都朝向光谱的红端移动了16%，这就叫做类星体的红移。这意味着这个天体正在以44000公里/秒（接近 $1/6$ 光速）远离我们而去。据此 $3C_{48}$ 之迷亦随即迎刃而解。这种新型的天体即使用最大的天文望远镜观测，绝大多数也仅呈现为恒星似的微小光点；但是，巨大的红移却表明它们是极遥远的河外天体。当初，天文学家们正是因其貌似恒星而实非恒星，便将它们命名为“类星体——意即“类似恒星的天体”。不过，后来发现有些类星体的周围有微弱的星云状包层，还有一些有喷流状结构，因此其外观与恒星并不完全相似。所以严格说来，“类星体”这个名称已经算不上名副其实了。

如今，多数天文学家认为，类星体乃是星系一级的天体，它们可能是某些活动剧烈的星系核心部分。它们如此遥

远而仍能被我们观测到，表明其必定具有极强的发光能力——比一般的星系要强成千上万倍。起初人们难以对它的能量来源作出解释，便将此称为类星体的“能源困难”。但是近年来已有人提出：类星体的中心是一个大质量的黑洞，后者吸积并吞噬周围的物质，同时以辐射的形式释放出巨额的能量。这一过程已足够提供为解决“能源困难”所需的全部能量。

在类星体与我们之间的漫长距离上，存在着种种非常稀疏又非常暗弱的物质，通常人们是无法观测到它的；但是，这些暗物质会吸收类星体的辐射，使类星体的光谱中出现各种附加的吸收线。研究这些吸收线，就可以反过来推知那些暗物质的情况了。这也是人们对类星体深感兴趣的又一个重要原因。

关于类星体，目前尚有许多争论，焦点就在于其距离究竟是否那么遥远。测定类星体距离的依据正是它们的光谱线红移。早在本世纪二十年代末，美国天文学家哈勃就发现星系的光谱线普遍地具有红移，而且红移量与星系的距离成正比，这就是著名的哈勃定律。星系光谱线红移的原因是它们都在有条不紊地彼此远离而去。换句话说，星系红移的本原乃是光源运动造成的多普勒效应。类星体既是星系级天体，人们便猜想哈勃定律同样也适用于它。于是，只要测出类星体光谱线的红移量，就可以推算出它们的距离。然而问题在于：类星体的红移量异常之大，如果用多普勒效应来解释，则绝大多数类星体必定正在以每秒几万公里、十几万公里、甚至以接近光速的巨大速度远离我们而去。根据哈勃定律算出这些类星体与我们的距离远达数十亿乃至百余亿光年。正是由于类星体既如此遥远又显得相当明亮，才导致了其产能

率高得令人吃惊的“能源困难”。这时，有人便转而怀疑：类星体是否果真如此遥远？用多普勒效应来解释类星体的红移是否合理？就这样，“类星体红移本原”便成了当代天文学中的一大之谜。

第八章 人 造 天 体

人造天体就是人工研制并用运载火箭发射到宇宙空间的物体，包括人造地球卫星、宇宙飞船、人造行星及其卫星、星际探测器和在轨道上运行的末级火箭等。

1957年10月4日苏联发射第一颗人造地球卫星，标志着人类真正开始了航天时代。到目前为止，各国向宇宙空间的发射已达三千多次，把大约一万多个人造天体送进轨道（包括末级火箭和碎片），现在仍有近五千个在轨道上运行。并把近二百个载人或不载人宇宙飞船和宇宙探测器发送往月球及太阳系各行星。

一、人造地球卫星

在晴朗的夜空中，有时能看到一颗星沿着一定的方向在众星中缓慢地运动着，它就是人造地球卫星。

人造地球卫星是人们把无人的人造天体用火箭发射到天上，使它在一定的轨道上绕地球运动，这个人造天体，叫做“人造地球卫星”，简称人造卫星。

人造卫星是发射数量最多、用途最广、发展最快的人造天体。人造卫星发射数量约占总发射数量的95%以上。完整的卫星工程系统通常由人造卫星、运载器、发射场、航天控制和数据采集以及用户台（站网）组成。在50年

代末到60年代初期，各国发射的人造卫星主要用于探测地球空间环境和进行各种卫星技术试验。60年代中期，人造卫星先后投入使用。从70年代起，各种新型专用卫星相继出现，性能不断提高。目前人造卫星已能帮助人们进行各种各样的工作，它广泛地应用在通讯、军事、天文、气象、测地、导航以及其他科研领域中。

（一）人造卫星的速度

人造卫星在天空中环绕地球运转，就象月球绕着地球运转一样。一是地球对它有吸引力，二是它本身有一定的速度。人造卫星应具有多大的速度，才能绕地球做圆周运动，而不致被地心引力拉过来？要做到这一点，它的绕转速度不能小于某一最低限度，也不能达到另一最高限度。前者是环绕速度，后者是脱离速度。如果卫星的速度小于环绕速度，它必然重新落回地面，如果卫星的速度达到了脱离速度，它就脱离地球的重力场，进入星际空间。

计算表明，如果人造卫星的轨道是正圆，它所需的向心力就等于它本身的重量。这就是说，地球的半径是6371公里（平均值），重力是980伽（地面平均值），那么，环绕速度应该是每秒7.9公里。这个速度就是物体在地面（即高度为0）绕地球做圆周（正圆）运动的速度。称为环绕速度，即第一宇宙速度。

如果人造卫星的速度大于每秒7.9公里，小于每秒11.2公里，则轨道为椭圆，还能绕地球运动。如果卫星的速度继续提高，达到每秒11.2公里，则人造卫星会飞离地球一去不复返，成为绕太阳运转的人造行星了。因此把每秒11.2公里的速度，称为逃逸速度，即第二宇宙速度。可见，人造卫星的速度必须控制在一定的范围之内，不能低于环绕速度，也

不能高于逃逸速度。如果人造卫星速度达到每秒16.5公里，它就可以飞离太阳系，到银河系的其它恒星系上去旅行了。这个速度称为第三宇宙速度。

（二）人造卫星的轨道

人造卫星轨道的形状，是由卫星进入轨道时的速度所决定的。如果卫星进入轨道时的速度等于那个高度的环绕速度，则卫星的轨道是正圆形，地心就是它的圆心。如果卫星进入轨道的速度大于该高度的环绕速度，但还未达到逃逸速度，则卫星的轨道必然是椭圆形，地心就是它的两焦点之一。

从理论上讲，人造卫星轨道有可能是正圆形，但实际上是不可能的。因为人造卫星的速度在别的天体影响之下，经常发生变化，不可能严格地等于正圆速度，因而轨道就不可能是正圆形。人造卫星的轨道都是椭圆形的，因而它在绕地球运转的过程中，与地球的距离就有远近之分。轨道上距地球最近的一点叫“近地点”。人造卫星在椭圆形轨道上运行速度是变化的，在近地点时最快；在远地点时最慢。

人造卫星轨道越扁，说明卫星所需进入轨道的速度愈大，即人造卫星发射动能愈大。我国第一颗卫星的轨道偏心率是0.125，第二颗卫星的轨道偏心率是0.105，这就说明第一颗卫星的运行轨道比第二颗卫星的运行轨道更扁，如果这两颗卫星大小一样的话，那么显然发射第一颗卫星的火箭比发射第二颗卫星的火箭功率更强大些。

（三）人造卫星的发射

把人造地球卫星发射到预定的轨道上去，是一个极其复杂的问题。

第一，人造卫星是用火箭发射的。火箭之所以能把人造

卫星送上轨道，是因为它有强大的喷气发动机。发动机不断地把在燃烧中所产生的气体往后喷射，而气体的反冲力把发动机以及整个火箭向前推动。我们知道，力的作用不是运动，而是改变运动速度。因此，在发动机继续工作的全部时间，火箭的速度在不断提高。大气密度随着高度而减低。在55公里的高度，大气密度仅及海平面的0.1%。因此，在火箭上升的过程中，周围大气的密度愈来愈低，而火箭本身的速度愈来愈高。这样，火箭以较低的速度通过浓密的大气层，并且在通过以后加速提高速度，最后在大气稀薄的高空，达到所需要的速度，终于进入轨道。

第二，人造卫星是用多级火箭发射的。因为只有用多级火箭，才能及时地把火箭空壳抛弃，以减小火箭的运载量，从而有利于提高火箭速度。一般用三级火箭就可以达到第一宇宙速度的要求。

第三，火箭以铅直方向离开地面，以水平方向进入轨道。所以选择垂直上升的路线离开地面，是为了让火箭以最短的路线穿过浓度大的低层大气。随着火箭运载量的减少和大气密度的降低，火箭速度会愈来愈大；火箭不断升高，并逐渐倾斜，使飞行方向与地表平行。一旦飞临与卫星预定轨道相切的位置时，第三级火箭点火，并把卫星从第三级火箭体内推出，使卫星进入轨道。

当火箭由垂直变为平行方向时，一般是向东偏转，使卫星自西向东运行，借用地球自转速度，使人造卫星易于达到环绕速度。

（四）人造卫星的应用

1. 卫星的通讯和广播 20年前美洲电视传不到欧洲，欧洲的电视也很难传到亚洲，可是随着1965年国际通讯卫星

的正式开放营业，电视节目跨洋越海，进行洲际传播。国际越洋长途电话、电报、传真等业务，以前靠海底电缆，而现在通过卫星进行。

2. 卫星侦察 自60年代初期侦察卫星开始收集情报以来，它已成为军事上不可缺少的重要装备。现在侦察卫星可以从100多公里的高度摄制地面设施的清晰照片。按目前最先进水平，卫星侦察照片的地面分辨率已经达到15厘米，这意味着能分辨出军事目标上的一切活动情况，甚至还可以清点部队人数和鉴别其兵种和装备。不过要回收侦察卫星所摄制的胶卷的技术，也有它困难的地方。到目前为止世界上只有中、美、苏三国实现了卫星的回收。

3. 卫星探测地球资源 在卫星上装上多光谱扫描仪，返束光导摄像管等遥感仪器，感受测量地表辐射或反辐射出来的电磁波，经加工处理，变成人眼可直接识别的图象。此项方法可用于普查荒地、森林、草场、渔场的分布；协助勘探矿脉，寻找地热资源；测绘地图，帮助铁路、公路选线，粮食收成估产等。

4. 气象卫星拍摄的云图 卫星云图为天气预报，特别是预报台风提供了宝贵的资料。利用这些资料，几小时就能绘制出全球范围的天气图，并且作出中期和长期的天气预报，并可更好地预报大风暴和台风。国际气象组织已组成国际监测网，争取在90年代前提前一星期准确预报全球气象。

5. 利用卫星进行地球科学和天文科学的研究工作 利用卫星资料研究地球的形状，精密地测定地球的扁率。也可用来研究地球高层大气和外层空间，监测太阳黑子、磁场、耀斑情况并进行预报，观测日冕和太阳风、X射线、紫外线以及太阳的各种电磁辐射及其对地球的影响，太阳活动对地

球磁层、高层大气、极光的影响，各种宇宙射线和高能粒子对地球和航天飞机的影响，进行大气外层的天文观测和地外有机分子观测，拦截彗星甚至对哈雷彗星直接取样，揭示星系中黑洞之谜，类星体之谜等等。

（五）我国的人造地球卫星

1970年4月24日我国成功地发射了“东方红一号”人造地球卫星，成为继苏联、美国、法国和日本之后的世界上第五个用自制火箭独立发射人造卫星的国家。我国的第一颗人造卫星重273公斤，比苏、美、法、日四国的第一颗人造卫星之和还重。

从1970年到1990年为止，我们先后发射了28次共30颗人造地球卫星，包括卫星本体及密封舱，末级火箭和碎片等，共有几十个人造物体曾在和正在太空中运行。此外，还发射过一些试验性军用短周期卫星。

1971年3月3日，我国发射了第二颗“实践一号”科学试验卫星，重221公斤，在宇宙空间工作了八年，发回了各项科学数据。1975年11月26日，我国首次发射并回收了试验卫星，使我国成为继苏、美之后第三个掌握了卫星返回技术的国家，以后又陆续发射和回收了5颗试验卫星。

1981年9月20日的三颗空间物理探测卫星是用一枚运载火箭发射的。卫星准确进入轨道，各系统工作正常，不断地向地面发送多种科学探测和试验数据。这是继我国在世界上第三个掌握卫星返回技术之后，又掌握了复杂的多卫星分离技术。实际上，这是一次成功的多弹头分导试验，在科学上和军事上都有重要意义。

1984年1月29日的第十四颗实验卫星，是用液体推进剂发射的，其主要目的是试验新的三级火箭，为达到每秒11公里

的速度把对地静止卫星射入轨道作准备。

1984年4月8日，我国成功地发射了第一颗静止试验通信卫星，于4月16日准确地定点在东经125°赤道上空，星上仪器工作正常，通信、广播和电视传输试验成功。考虑到我国西部地区的通讯，这颗通信卫星共视区约在东经60度到140度之间，开通运行后，北京与乌鲁木齐的通讯质量良好。一次发射地球同步通信卫星并顺利定点成功，在世界航天史上是罕见的，这标志着我国的航天技术有了新的飞跃。

1986年2月1日我国用自己的三级火箭成功地发射了实用通信广播卫星，并于2月20日准确定点于东经103°赤道上空。这颗卫星寿命超过百万年，通讯、广播和电视传输效果非常好。

1986年10月6日及1987年8月5日和9月9日，我国又成功地发射了三颗科学探测和技术试验卫星，首次为国外搭载科研项目，获得成功，并按计划返回地面。这说明我国航天技术在某些方面已达到或接近世界先进水平。

1988年3月7日我国又发射了一颗实用通信卫星，这颗卫星在3月22日13时已准确定点在东经87.5°的赤道上空36000公里处。4月17日，有关专家对该通信卫星进行了全面测试，其结果是：性能稳定，接收图象清晰，可传播中央电视台所播出的三套节目，可容纳电话容量3000路。

1988年9月7日夏令时5时30分，我国成功地发射了一颗试验性气象卫星。卫星顺利进入近圆形太阳同步轨道，星上仪器工作正常。卫星进入预定轨道后不久，我国的气象卫星地面站就收到了卫星发送的气象信息。这颗气象卫星命名为“风云一号”，是在我国太原卫星发射中心，用“长征四号”运载火箭发射的。它是我国自行研制和发射的第一颗极

地轨道气象卫星。星上装有两台甚高分辨率扫描辐射仪，共有5个探测通道，可探测白天和夜间的云图、地表图象、海洋水色图象、水体边界、海洋面温度、冰雪覆盖及植被生长。卫星主要任务是获取全球的气象信息，并向全世界气象卫星地面站发送气象资料。这颗卫星发射成功，填补了我国应用气象卫星的空白，标志我国航天和气象卫星技术有了新的进步。

1988年12月22日北京时间20时40分，我国西昌卫星发射中心又成功地发射了一颗实用通信卫星。卫星由“长征三号”运载火箭送入大椭圆轨道。这颗通信卫星和今年3月7日发射的通信卫星属于同一型号。目前，星上仪器工作正常，西安卫星测控中心正在对这颗卫星进行遥测、遥控工作。美国、法国、联邦德国、巴基斯坦、伊朗、澳大利亚、巴西、香港等国家和地区的政府部门或公司代表，也在西昌卫星发射中心观看了卫星发射实况。这是该中心首次对外公开通信卫星发射全过程。

1990年2月4日北京时间20时27分，我国在西昌卫星发射中心又一次成功地发射了一颗实用通信卫星。卫星由“长征三号”运载火箭送入大椭圆轨道。2月6日9时34分，卫星实施远地点发动机点火成功，卫星顺利进入准同步轨道。

2月13日14时30分，在西安卫星测控中心的实时控制下，卫星成功地定点于东经98度赤道上空。目前星上各种仪器设备工作良好，通信、广播和电视传输等试验正在进行中。这是我国发射的第五颗通信卫星。它的发射成功，再一次证明我国的通信卫星技术已经进入成熟阶段，具备了进入国际航天发射服务市场的条件。

1990年4月7日北京时间21时51分，我国成功地发射了

“亚洲一号”通信卫星。中国自行研制的“长征三号”运载火箭在西昌卫星发射中心发射起飞21分钟后，准确地将“亚洲一号”卫星送入转移轨道，首次成功地用我国的运载火箭完成为国外发射商用卫星的服务。4月11日6时24分卫星成功地把天线张开，随后太阳能壁板也伸展出来，上面24个C波段转发器开动工作。目前卫星定点于东经105.5度上空。

1990年9月3日北京夏令时9时53分，我国第二颗“风云一号”试验气象卫星在太原卫星发射中心顺利升空，进入太阳同步轨道。“长征四号”运载火箭将这颗卫星准确送入了预定轨道。之后，西安卫星测控中心对卫星进行了控制。当前，卫星工作正常，乌鲁木齐卫星地面站收到的第一幅甚高分辨率可见光云图，云和地表图象清晰，云层层次丰富。卫星的主要任务是获取国内外气象云图、海洋探测资料和大气物理资料，提高我国大气探测和天气预报能力，更好地为国民经济和国防建设服务。同时，向全世界气象卫星地面站发送气象资料。

1990年10月5日我国又成功地发射了一颗科学探测卫星。在西安卫星测控中心的测量、控制下，卫星经过8天运行，于10月13日12时顺利返回地面。卫星上搭载的动物植物和材料试验品，获取了大量的试验数据，取得了满意的试验效果。至今我国共发射了12颗返回式卫星，回收成功率达到百分之百。

到目前为止，我国发射的全部人造地球卫星中，仅有“东方红一号”、五颗“通信卫星”和两颗“风云一号”实验气象卫星仍在轨道上运行，其它的均已陨落或收回。

我国历次卫星发射简况

次序	名 称	发射时间	备 注
1	科学技术试验卫星	1970年 4月24日	卫星重173公斤,用20.009兆周频率,播送《东方红》乐曲,估计运行100年
2	科学技术试验卫星	1971年 3月3日	卫星重221公斤,绕地球一周106分钟,在3月3日至15日运行过程中,用20.009兆周和19.995兆周的频率向地面发回各项科学实验数据,1979年6月17日陨落
3	科学探测和技术试验卫星	1975年 7月26日	卫星上各种仪器工作正常,绕地球一周91分钟,1975年9月17日陨落
4	科学探测和技术试验卫星	1975年 11月26日	回收舱已按预定计划于1975年11月29日返回地面回收,1975年12月29日陨落
5	科学探测和技术试验卫星	1975年 12月16日	1976年1月20日陨落
6	科学探测和技术试验卫星	1976年 8月30日	1978年11月25日陨落
7	科学探测和技术试验卫星	1976年 12月7日	回收舱已按预定计划于1976年12月10日返回地面回收,1977年1月2日陨落
8	科学探测和技术试验卫星	1978年 1月26日	按预计划完成科学实验任务后,回收舱于1978年1月30日返回地面回收。1978年2月7日陨落
9	空间物理探测卫星	1981年 9月20日	这三颗卫星是我国首次用同一枚运载火箭发射
10	空间物理探测卫星	1981年 9月20日	
11	空间物理探测卫星	1981年 9月20日	
12	科学技术试验卫星	1982年 9月9日	回收舱按预定计划于1982年9月14日返回地面回收
13	科学技术试验卫星	1983年 8月19日	回收舱按预定计划于1983年8月24日返回地面回收,1983年9月3日陨落

续表

次序	名 称	发射时间	备 注
14	科学技术试验卫星	1984年 1月29日	取得重要科学成果
15	试验通信卫星	1984年 4月8日	已提供使用, 寿命超过百万年
16	科学技术实验卫星	1984年 9月12日	回收舱已按预定计划于1984年9月18日返回地面回收。1985年6月29日陨落
17	科学探测和技术试验卫星	1985年 10月21日	回收舱已按预定计划于1985年10月26日返回地面回收
18	实用通信广播卫星	1986年 2月1日	定点在东经103°赤道上空, 寿命超过百万年
19	科学探测和技术试验卫星	1986年 10月6日	1986年10月11日按计划返回地面
20	科学探测和技术试验卫星	1987年 8月5日	1987年8月10日按计划返回地面, 首次为国外搭载科研项目, 获得成功
21	科学探测和技术试验卫星	1987年 9月9日	1987年9月17日在四川中部回收
22	实用通信卫星	1988年 3月7日	定点在东经87.5°赤道上空36,000公里处
23	试验气象卫星	1988年 9月7日	第一颗极地轨道气象卫星(风云一号)
24	实用通信卫星	1988年 12月22日	与1988年3月7日发射的通信卫星属同一型号
25	实用通信卫星	1990年 2月4日	定点在东经98°赤道上空
26	实用通信卫星	1990年 4月7日	首次成功地用“长征三号”运载火箭为国外发射商用卫星“亚洲一号”
27	试验气象卫星	1990年 9月8日	第二颗“风云一号”试验气象卫星
28	科学探测卫星	1990年 10月5日	1990年10月13日按计划返回地面

二、载人飞船

载人飞船是能保障宇航员在外层空间生活和工作以执行航天任务并返回地面的航天器，又称宇宙飞船。它是运行时间有限，仅能一次使用的返回型载人航天器。载人飞船一般包括卫星式载人飞船和登月载人飞船。载人飞船可以独立进行航天活动，也可作为往返于地面和航天站之间的“渡船”，还能与航天站或其它航天器对接进行联合飞行。载人飞船容积较小，受到所载消耗性物资数量的限制，不具备再补给的能力，而且不能重复使用。

1961年4月12日苏联成功地发射了第一艘“东方”号飞船。后来又发射了“上升”号飞船和“联盟”号飞船。与此同期，美国也相继研制成功“水星”号飞船，“双子星座”号飞船和“阿波罗”号飞船等载人飞船。后者是登月载人飞船，把人送上了月球。

载人飞船具有多种用途：一是进行近地轨道飞行，试验各种载人航天技术，如轨道交会和对接，宇航员在轨道上出舱，进入太空活动等；二是考察轨道上失重和空间辐射等因素对人体的影响，发展航天医学；三是进行载人登月飞行；四是为航天站接送人员和运送物质；五是进行军事侦察和地球资源勘测；六是进行临时性的天文观测。

载人飞船一般由乘员返回座舱、轨道舱、服务舱、对接舱和应急救生装置等部分组成，登月飞船还具有登月舱。返回座舱是载人飞船的核心舱段，它是飞船上升和返回过程中宇航员乘坐的舱段，也是整个飞船的控制中心。轨道舱是宇航员在轨道上的工作场所，里面装有各种实验仪器和设

备。服务舱通常安装推进系统、电源和气源等设备，对飞船起服务保障作用。对接舱是用来与航天站或其它航天器对接的舱段。宇航员可由此出舱进入空间。应急救生装置在应急情况下，使宇航员安全返回地面，或转移到其它航天器上，它也是载人飞船的重要组成部分。

三、航天飞机

可以重复使用的，往返于地球表面和近地轨道之间运送有效载荷的飞行器，叫做航天飞机。在轨道上运行时可在机载有效载荷和乘员的配合下完成多种任务。航天飞机通常设计成火箭推进的飞机，返回地面时能象滑翔机或飞机那样下滑和着陆。航天飞机集中了许多现代科学技术成果，是火箭、航天器和航空器技术的综合产物。它的特点可以多次重复使用，发射成本较低和用途广泛。航天飞机为人类自由进出宇宙空间提供了很好的工具，是航天史上的一个重要里程碑。

1972年1月，美国确定了航天飞机方案。在70年代，苏联、法国、日本等国也开始探索或研制航天飞机。1981年4月，世界上第一架航天飞机，即“哥伦比亚”号航天飞机试飞成功。1982年11月，航天飞机开始首次商业性飞行。航天飞机的出现标志着航天运载器由一次使用的运载火箭转向重复使用的航天运载器的新阶段的到来。

航天飞机的飞行轨道通常是近地轨道，高度在1000公里以下。各种有效载荷可由航天飞机直接送入近地轨道、需要在高轨道运行的有效载荷，也可由航天飞机送上近地轨道后再从这个轨道发射进入高轨道。航天飞机的运载能力较

大，要有很大的推力和总冲量。航天飞机往往采用多级组合的形式，可以串联或并联，也可以串、并联结合。级数可以用一级半、两级、两级半、三级。级数越多，系统和飞行程序就越复杂。可靠性会下降，回收也较困难。总之，航天飞机综合了火箭、航天器和飞机技术，形成一种新型的航空航天飞行器。它的火箭技术特点主要表现在由起飞到入轨的上升飞行段；航天器技术特点主要表现在轨道飞行段；而飞机技术特点主要表现在入大气层的滑翔飞行和水平着陆段。

航天飞机以其特有的重复使用性、多用途性、经济性和良好的环境条件为人类的航天活动开辟了更广阔的前景，使航天活动进入了一个新的阶段。

四、航 天 站

航天站是可供多名字航员巡访、长期工作和居住的载人航天器，又称空间站或轨道站。在航天站运行期间，宇航员的替换和物质设备的补充可以由载人飞船或航天飞机运送，物质设备也可以由无人航天器运送。1971年苏联发射了世界上第一个航天站——“礼炮1号”航天站，1973年美国发射了“天空实验室”航天站，1983年11月28日欧洲空间局的“空间实验室”航天站随美国“哥伦比亚”号航天飞机进入轨道，进行了70多项空间实验后，于同年12月8日返回地球。

航天站在科学研究、国民经济和军事上都有重大价值。它有下列用途：一是天文观测，在航天站上进行天文观测，飞行高度高，观测时间长，没有大气影响，宇航员可以直接操纵仪器；二是勘测地球资源，发现矿藏、海洋资源、森林资源和水利资源等；三是医学和生物学研究，完成有人参与

的生物医学试验，寻找治疗某些疾病的新方法，试制新的药品和试剂；四是发展新工艺、新技术，利用太空高真空、高纯净和微重力的特殊环境制取新型合金和超纯材料，制造高级玻璃，获得大晶体和掺杂高度均匀的半导体，进行晶体生长和材料焊接试验等；五是大地测量、军事侦察以及试验和发射航天武器或航天器等；六是为人们在空间长期居住，开展航天活动和开发太空资源提供场所。

航天站分为单一式和组合式两种。单一式航天站由运载火箭或航天飞机直接发射入轨；组合式航天站由若干枚火箭多次发射或航天飞机多次飞行，把航天站的组合件运送到轨道上组装而成。航天站通常由对接舱、气闸舱、轨道舱、生活舱、服务舱、专用设备舱和太阳电池翼等几个部分组成。对接舱用以停靠载人飞船或其它航天器。气闸舱是宇航员在轨道上出入航天站的通道。轨道舱是宇航员在轨道上的主要工作场所。生活舱是供宇航员进餐、睡眠和休息的地方。航天站一般设有卧室、餐厅和卫生间等。服务舱内一般装有推进系统、气源和电源等设备，为整个航天站服务。专用设备舱是根据飞行任务而设置的安装专用仪器的舱段，它也可以是不密封的构架，用以安装暴露于空间的探测雷达和天文望远镜等仪器设备。太阳电池翼通常装在航天站本体的外则，为航天站上各个仪器设备提供电源。

五、空间探测器

空间探测器是指装载了科学仪器、用运载火箭送入地球外空间，可对月球、行星、太阳系其它天体和行星际空间进行直接探测的无人航天器。按探测天体的不同，又可分为月

球探测器和行星探测器等。

月球探测器是以逼近飞行、硬着陆、轨道环行、软着陆、取回样品、载人登月飞行等不同方式，通过照相，自动测量、采样分析、实地考察等，对月球及其附近空间进行考察的航天器。它在地球和月球的引力作用下，在地月空间，围绕月球运动。可包括各种飞月火箭、绕月火箭、击中月球火箭、登月飞船和人造月球卫星等。

行星探测器是飞向太阳系中各大行星，以逼近飞行、软着陆的方式，通过照相和自动测量，对行星表面、行星大气以及行星际物质等进行考察的航天器。它在地球、目标行星和太阳的引力下，围绕目标行星或在行星际空间运转。包括飞向、绕转和击中行星的火箭、行星表面软着陆的飞船、人造小行星和人造行星卫星等。

空间探测器的主要目的是：了解太阳系的起源、演变和现状；通过对太阳系内各主要行星的比较研究，进一步认识地球环境的形成和演变；了解太阳系的变化历史；探索生命的起源和演变。

1959年1月，苏联发射了第一个月球探测器——“月球1号”，此后美国发射了“徘徊者”号探测器、“月球轨道环行器”、“勘测者”号探测器和“阿波罗”号飞船。60年代初期，美国和苏联发射了多种行星和行星际探测器，分别探测了金星、火星、水星、木星和土星，以及行星空间和彗星。其中有“先驱者”探测器（美）、“金星”号探测器（苏）、“水手”探测器（美）、“火星”号探测器（苏）、“探测器”（苏）、“太阳神”号探测器（美国与联邦德国合作）、“海盗”号探测器（美）、“旅行者”号探测器（美）。到目前为止，美国和苏联共发射了100多个空间探

测器，实现了对月球和行星的逼近观测和直接取样探测，开创了人类探索太阳系内天体的新阶段。

六、人造天体的发展

第一阶段：无人驾驶卫星绕地球运行

自1957年10月4日苏联发射世界上第一颗人造卫星起，人造天体用第一宇宙速度($7.9\text{公里/秒} < V_1 < 11.2\text{公里/秒}$)在地球引力场内环绕运行，是绕地飞行阶段。之后，在大量发射人造地球卫星的过程中，不断地试验改进星体和火箭，逐步实现功能分类，并开展动物实验。在这个阶段，各国取得了很多成果，为发射载人飞船和登月飞行作了充分准备。

第二阶段：载人宇宙飞行

1961年4月12日，苏联首先发射载人宇宙飞船成功，宇航员尤里·加加林驾驶“东方1号”环绕地球一周之后软着陆返回地面，开辟了人类进入太空的新时代。到1987年底为止，共进行了117次载人飞行，有205人（331人次）进入太空。其中苏联宇航员罗曼年科在太空逗留时间最长，达300多天，创造了太空飞行纪录。第一名进入太空行走并工作的女宇航员是苏联的萨维茨卡雅。这些载人宇宙飞行为人类登月飞行及进入行星际空间，以及各类科学、技术实验积累了丰富的经验与教训。

第三阶段：向月球进军

1959年后，苏、美竞相发展登月计划。在1959年~1972年内，苏联发射了“月球1—24号”、“探测器3—8号”，美国发射了“先驱者0—4号”、“徘徊者1—99号”、“勘测者1—7号”、“月球轨道飞行器1—5号”

等系列以及最壮观的“阿波罗1—17号”登月飞行系列。其中成果显著者有：1957年1月2日苏联“月球1号”首次以第二宇宙速度（ $11.2\text{公里/秒} < V_2 < 16.7\text{公里/秒}$ ）脱离地球引力场，从离月面6000公里处绕过月球成为第一个人造行星；1959年10月7日苏联“月球3号”拍摄了有史以来第一批月球背面照片；1966年2月3日苏联“月球9号”首先在月面软着陆成功。

1969年7月21日美国实现了人类史上最伟大的壮举。“阿波罗11号”上的二名宇航员阿姆斯特朗和奥尔德林首次登上月球。当阿姆斯特朗的左脚踏上月面时，通过电视广播向全世界说了一句永垂青史的话：“对一个人来说，这是一小步，但对人类来说，这是跨了一大步”。从此月球就成为人类到达的第一个天体，使人类的幻想变成了现实。“阿波罗”系列参加宇航员21人，登上月球有12人，他们的年龄都在40岁左右。6次登月中，带去了四辆月球车并留在月面，带回来472公斤月岩和月壤。在月面上安装了月震仪、激光测距后向反射器等多种仪器，钻了三口2.5~3.0米的井并取了岩蕊，从指挥舱发射了两颗月球卫星，拍摄了几千张彩色照片并发送回几万张电视图象等。

第四阶段：探测太阳系行星

美、苏在向月球探测的同时及以后，美国发射了“先驱者”、“水手”、“海盗”、“探险者”、“旅行者”等系列，苏联发射了“巨人”、“火星”、“金星”、“宇宙”、“探测器”等系列共约60多个行星际探测器。探测了水、金、火、木、土、天王、海王等行星。其中“先驱者10号”已飞越冥王星轨道而成为飞出太阳系的人造银河系天体。这些行星际探测器先后在金星、火星上软着陆，对火星

土壤作了生物化学试验，探测了木星、土星的光环、海王星大气及其卫星，对各个行星拍摄了数以万计的彩色图象并发回极其珍贵的资料，使人们对太阳系行星的认识空前增加。

第五阶段：建立空间站

空间站是环绕地球的半永久性或永久性空间基地。美、苏及欧洲空间局都考虑并实施向外层空间进发，开发、利用近地空间和月球，登上火星飞出太阳系等计划。归纳起来大体上有：（1）建立大型的半永久性的载人空间站，包括空间科学实验站、轨道天文台、空间工厂、农业站、城市、人造小月亮、太阳能发电站等；（2）美国发展了航天飞机系统，标志着航天技术的新发展。1981年4月12日以后，美国先后发射了“哥伦比亚”、“挑战者”、“发现”等航天飞机。这种可重复使用的航天交通工具，意味着人类建立空间站（城）的计划有可能实现；（3）从空间站（城）出发，在月球上建立实验室，太阳能输电站、工厂和居民点等；（4）从空间站（城）出发，登上火星、小行星或木星、土星的卫星，以及在此基础上发展行星际载人飞行或飞出太阳系等

第六阶段：探测地球的近邻行星

人类第一次探测地球近邻的计划，先是火星，估计在21世纪初即可实现，以后将陆续实现登陆小行星及木星、土星及它的卫星，以及载人行星际飞行。

第七阶段：飞出太阳系

人类探索外空间的最后目标，是飞出太阳系进入银河系空间。不载人飞出太阳系并不难实现，“先驱者10号”已于1983年先期飞了出去，继后，“先驱者11号”、“旅行者

1、2号”等都将相继飞出太阳系。在“先驱者10、11号”上都各装有一块15×23厘米的镀金铝片，上面刻着男人、女人的裸体模样、飞行路线、太阳系示意图和地球的位置，以及天文、地理知识编码，希望有朝一日“地外生命”接触到它后按此图与地球交往。而在“旅行者1、2号”上，则各带有一架特殊的电唱机和一整套直径30.5厘米的“地球之音”镀金唱片。“地球之音”共包括116张照片和图表，其中两幅是我国的万里长城和中国人吃午饭的照片；35种即形象又生动的自然声响；60种语言的问候语；联合国秘书长卡特·瓦尔德海姆的祝词；27种世界名曲，其中有中国古琴演奏的名曲《流水》。此外还有用科学语言说明如何使用“地球之音”的唱片。每张唱片装入一个铝制保护罩，预期它们可以在太空中保存十亿年。然而它能否遇上“知音”还很成问题。下一步可能是载有精密仪器的，或者是利用“人工智能”机器代替人类先行。而载人飞行将是非常困难的，必须解决维持生命系统和能源、通讯、返回技术等问题。

七、太空垃圾

太空中的垃圾是指宇宙空间中已失去作用的人造天体，包括已废弃的卫星本体，运载火箭的最后一截，从仪表舱里排出的防护罩壳，从翻滚卫星上撕落的碎片，从其它物体上弹射出来的物体、撕下的零件，爆炸后产生的碎片等。

美国空间防御系统最近调查了在地球轨道和行星际轨道里的6194个人造天体，发现仅有3000个是正在运转的卫星。据统计，太空中约有四万块高尔夫球大小的残骸，至于尺寸对这更小的简直就无法计数了。美国的轨道残骸专家预计到

二十世纪九十年代，残骸尚有增加一倍的趋势。

大部分轨道垃圾是由于宇宙飞行器毁坏或者是进行某种实验而形成的。大家熟悉的苏联最强的“质子号”火箭和美国的“德耳塔号”“大力神号”火箭均已在轨道里爆炸。仅“德耳塔号”的二级发动机爆炸时就抛出了1400块大大小小的残骸。据实验，把一颗二十五分之一厘米的玻璃球，以每秒7.5公里的速度，射向一块十分之一厘米厚的铝板，结果铝板上出现了一个为球直径8倍的碰撞陷坑。若把一颗重6克的豆粒般大小的弹丸，射向一块重500克砖那样大的铝板，则铝板被打得碎片四飞。因此为数众多的太空垃圾，是一种日益增多的危险，它们象地球上的公害似的，引起了许多专家们的关注。

如果不对太空垃圾采取措施，一系列问题就会接踵而至。那么向上发送精密的科学仪器纯粹是铤而走险，一旦受挫，损失是极其惨重的。对于空间科学，人类支付的代价实在太高了，科学家们是不会坐视不管的，总有一天人们会把九霄云外的太空街道清扫干净。

第九章 天体的起源和演化

天体演化、物质结构和生命起源是自然科学的三大基本理论问题。天体的起源和演化是指天体在什么时候由哪一种形态的物质，以什么方式形成的，哪一种过程促使它产生；天体形成后，又经历一些什么发展变化，如何解释今天观测到的天体结构的主要特征，找出各天体、天体群的变化发展的一般规律，预测这些天体的未来情况。一般来说，天体演化包括起源在内。研究天体的演化不仅在自然科学上有重要意义，而且在哲学上也产生重大影响。

一、太阳系的演化

太阳系的演化是研究太阳在什么时候，由什么形态的物质、以怎样的方式、过程形成的，怎样解释太阳系的现有观测特征。

太阳系的演化，目前有40多种学说。但还没有一种学说是比较完整和能被普遍接受的。因为研究太阳系的演化比研究恒星演化要困难，至今能直接观测到的行星系统只有太阳系这么一个“样品”，不象恒星世界中有亿万颗处于不同的演化阶段的恒星供我们研究。我们研究太阳系的演化，只能根据现有的资料，推测近50亿年前的演化过程，这无疑是一个十分困难的问题。但是随着科学技术的发展，太阳系有关

资料的丰富积累，以及研究水平的不断提高，问题会逐步得到解决的。

星际航行开始以来，太阳系起源的研究进入了一个新的时期。虽然各种学说差别仍然很大，但有些看法却彼此逐渐接近了。太阳系起源和演化，主要有两方面的内容：一是太阳系的物质从哪里来；二是这些物质怎样形成行星。目前，按照关于物质来源来看，太阳系起源的学说大致有：星云说、俘获说、灾变说。

（一）星云说

星云说是最早的科学的的天体演化学说。它是1755年德国哲学家康德和1796年法国天文学家拉普拉斯先后提出的。他们两个人的假说虽有区别，但他们的基本观点相同。

康德认为：太阳系是由弥漫微粒的星云通过万有引力作用而凝聚形成的。大而密集的微粒吸引小而稀的微粒，逐渐形成大团块。它们就象滚雪球一样，越滚越大。其中星云中心部分，引力最大，吸引的物质最多，形成了最大团块——太阳。外面的微粒在下落时相互碰撞改变方向，变成绕中心的圆周运动，这些绕太阳运动的微粒，又逐渐形成几个引力中心，这些引力中心最后凝聚成朝同一方向转动的行星。行星的自转是由于落在行星上的质点的撞击而产生的。卫星也是这样形成的。

拉普拉斯却认为：太阳系是由炽热的气体星云形成的，大致呈球状，气态星云由于逐渐冷却而收缩，因为角动量守恒，收缩使转动速度加快，在中心引力和离心力的共同作用下，星云逐渐变为扁平的盘状，在星云收缩中，当离心力与引力相等时，就有部分物质留下来，形成一个绕中心转动的环，以后又陆续形成几个环，圆环上物质分布不是绝对均匀

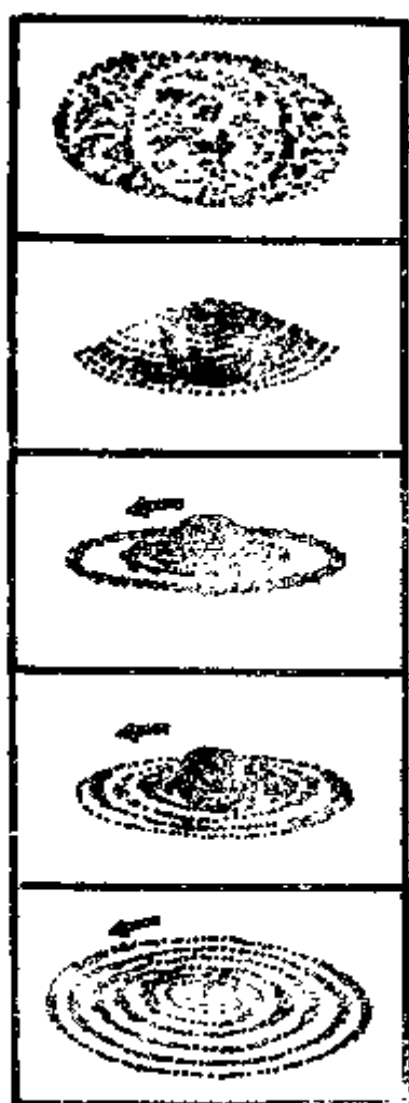


图 9—1 拉普拉斯星云说示意图

的，凝聚过程也不相同，终于形成团块，变成行星。就这样，星云每分离出来一个圆环，便可能形成一个行星。中心部分的星云则形成太阳。卫星系统也由类似情况而产生。

由于以上这两种学说都立足于星云，后来才被合称为康德——拉普拉斯星云假说。这一假说在一个多世纪里成为太阳系演化学说的主流，它能够说明太阳系中的一些现象，但还存在着一系列的问题。例如康德认为，形成太阳系的是银河星云整体，现在看来，形成太阳系的仅仅是银河星云的一个很小的碎块，因为星云的质量远远大于一般的恒星，是太阳质量的100~1000倍，而它的球状碎块的质量大体上同

一个普通恒星相当。其次，拉普拉斯认为，形成太阳系的星云物质是炽热的。现在看来，形成太阳系的星云物质是低温的；它的温度仅比绝对零度高出10~100度。因此，从星云到太阳系的历史是由冷变热的历史，而不是由热变冷的历史。

现代科学技术的发展，使太阳系演化研究进入新的时期，星云说也有了新的发展。与别的学说相比，现代星云说具有很大优越性，已经成为当代太阳系演化学说的主流。

现代星云说认为，形成太阳的那个星云，在绕银河中心旋转通过旋臂时，星云被压缩，密度增加。中心密度增加最快，聚集了星云总质量的大部分，形成了原太阳。原太阳收缩，体积缩小，自转加快。在惯性离心力和磁力作用下，在赤道面上形成一个盘形结构。以后，原太阳形成太阳，扁盘上的物质逐步演化为行星和其它小天体。

太阳系九大行星的轨道具有近圆性、共面性和同向性等特点。所谓近圆性是说九大行星的轨道都很接近正圆，因为每一个行星都由大量的尘粒所组成，因而承袭了这些尘粒的公转轨道，并且形成了它们的平均轨道。所谓共面性是说所有行星的公转轨道面都是比较接近的，因为目前的行星都是在星云盘中形成的；它们的共同轨道面，大体上就是星云盘所在的平面。所谓同向性是说行星绕日公转的方向大体上是相同的，大体上也是同太阳自转的方向一致的，因为行星是在绕日公转的过程中形成的。目前行星的公转运动和太阳的自转运动，都承袭了当初的星云盘的自转，因此，方向相同是理所当然的。地质学上有一句名言：“现在是过去的钥匙”。人们正是根据太阳系的现状，根据太阳系的近圆性、共面性和同向性以及其他一些重要特征，设想太阳系形成的过程。任何关于太阳系的形成过程的假说，都必须能够解释太阳系的现状。否则，就成为毫无根据的臆测。

（二）灾变说

灾变说也是太阳系起源的一种学说，它出现在星云说之后，曾经一度盛行，有十几个学说。第一个灾变说是法国动物学家布封于1745年提出的，他受到1680年大彗星接近太阳事件的启发，认为太阳系的形成是宇宙中某种偶然巨大事件的结果。他设想曾有一巨大的彗星掠碰到固态太阳的边缘，

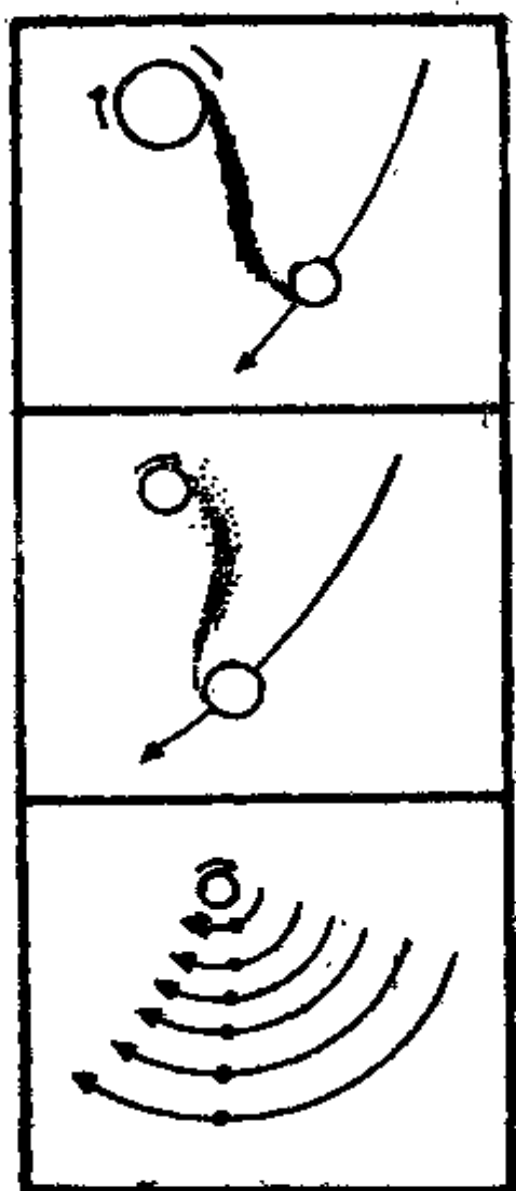


图 9-2 灾变说示意图

使太阳旋转起来，同时碰出的一些物质也绕太阳旋转，最后形成行星。这个学说否认上帝创业，一发表布封就受到反动势力的迫害，最后他被迫宣告放弃其看法。但是，在现在看来，灾变说在科学上有明显的错误。例如，彗星的质量比地球要小的多，即使碰到太阳也不会碰出多少物质来；另外，太阳也不是固态的等等。

灾变说有各种各样的流派。有的认为，有一颗恒星走近太阳，在太阳的正面反面掀起两股巨大的潮，使太阳抛出了两股气流，它们凝聚成团块，称为星子，最后形成行星；有人认为，是恒星撞击太阳，被撞出的物质，以后形成行星；最近还有人认为，太阳原是双星中的一个，以后太阳

伴星演化为超新星爆发，爆发时喷出的物质，离开了太阳。一部分抛射物质被太阳俘获形成星云盘，后来再集聚为行星。

这种用偶然事件来解释太阳系起源，有很多观测事实解释不了。银河系里恒星的空间密度很小，平均35立方光年体积内才有一颗恒星。所以两颗恒星接近到能起潮的机会是很小的，经计算大概是每两千万万万年才有一次，至于碰撞机会

就更小了。但银河系范围内的行星系统绝不是罕见的现象，观测表明，在离太阳相当近的恒星中，就已经发现了十来颗恒星的周围有看不见的伴星，其中一部分伴星很可能是行星，因它们的质量很小，与行星相当。而灾变说只以机率很小的偶然因素解释行星系统的起源，不能说明行星系统的产生是普遍规律。因此，在本世纪40年代后，灾变说就冷落下来，提倡灾变说的某些科学家后来也改而主张星云说了。

（三）俘获说

俘获说是太阳系起源的另一种学说。这种学说认为构成行星和卫星的物质是太阳形成后从太阳邻近区域或从银河系空间俘获来的。

1944年，苏联天文学家施米特提出了“陨星说”。他认为，几十亿年前，太阳在绕银河系转动时，进入一个直径为10光年的星际云，在里面运行了60万年，俘获了相当于太阳质量3%的星际物质。这些物质慢慢形成一个扁平的、由尘粒组成的星云盘，行星和卫星就是在这个盘内形成的。

在银河系中，星际物质或者星云是很多的，太阳遇到星际云的机会也相当多。从这一点说，俘获的可能要比灾变大。但是，要俘获质量达到太阳系所有的行星、卫星等那么大的星云，是很成问题的。计算表明，这种俘获的概率极其微小。

二、地球的演化

地球的演化，是太阳系起源学说中需要解决的一个问题。至今，关于地球起源的学说很多。现在比较流行的看法是：远在46亿年前起源于原始太阳星云，它同其它行星一样，

经历了吸积、碰撞这样一些共同的物理演化过程而形成的。

关于星云盘里的物质怎样进一步形成行星的问题，现代星云说各派看法上有很大差异。一派认为星云盘由于惯性离心力作用，在赤道部分间歇地甩出了一个个同心的环带，然后环带聚合成行星。另一派认为星云盘并不分成为环带，而是分成一些小云或者叫星子、星胎、或者很大的原行星，然后由小云、星子、星胎聚成行星，或者由原行星演变为行星。总之，关于行星的形成问题尚待进一步研究。

大约在46亿年前，刚从原始太阳星云中分化出来的原始地球是一个接近均质的球体，而且温度很低，构成地球的各种物质混杂在一起，没有明显的分层现象。由于原始地球收缩和放射性元素衰变等原因，地球内部温度逐渐升高，当温度升高到超过铁的熔点后，原始地球的内部物质溶化。于是，铁和重元素沉向地球中心，较轻的物质“浮”向上部。随着时间的推移，圈层分化逐渐明显。地球物质的分化首先是固、液、气三态的分化，即出现了原始的大气圈、水圈和固体的地球，然后在固体球内部相继又分化出地核、地幔和地壳三个圈层。这一过程大约是在40亿年前开始的。

今天在地球上已经发现有36亿年前形成的古老岩石，说明那时地壳已经存在了。不过原始的大气圈、水圈和地壳的物质成分和状态与后来的有明显的不同。大气圈是从地球物质演化中分化出来的气体。原始大气是以二氧化碳、一氧化碳、甲烷、氨和水汽为主。水圈是从大气中分化出来的。原始大气中的水汽由于温度降低，凝结形成降水，降水在地表洼地汇聚形成原始的江、河、湖、海。那时海水的盐分是没有现在这样高。地壳形成的初期，尚处于软弱阶段，厚度也不大，地壳运动、岩浆活动频繁。那时还没有广阔的大陆，

到处是深浅多变的海洋，只有若干岛屿出现在海面上。

又经过长期的演化，大约到30亿年前，比较适合生命发展的水圈、大气圈逐渐形成，存在于水圈中的碳氢化合物，经过长期的演化，终于演变成了能够生长和繁殖的原始生命。这在南非发现的32亿年前的岩石中找到了短杆菌化石得到证明。原始生命首先出现在海洋中，以后才扩展到大陆上，并占领了海洋、陆地和低层大气的每个角落，形成了生物圈。

生物圈一旦形成就参与了对大气圈、水圈和地壳的改造，促进了地球进一步的发展和演化。例如，原始绿色植物出现以后，植物在光合作用中放出的游离氧，对原始大气发生缓慢的氧化作用，从而使得大气中的一氧化碳经氧化而成二氧化碳，甲烷经氧化而成水汽和二氧化碳，氨经氧化而成水汽和氮。于是，二氧化碳渐渐在大气中占优势。由于光合作用持续进行，氧气才从二氧化碳中逐渐分解出来，使得大气中氧越来越多。最后终于形成以氮、氧为主的现代大气。

大气圈、水圈和生物圈对地壳的改造作用也有明显地增强。这时地壳虽已逐渐硬化，但地壳表面形态，由于地球内部物质运动所引起的地壳运动还在不停地进行，还由于太阳能的作用所引起的地壳表层物质的风化，并经过风力、流水、冰川等外力的作用面不断发展和变化。这种过程至今仍在进行中。

三、月球的演化

关于月球的演化，众说纷纭，假说很多，目前主要有俘获说、分裂说和同源说三种。

俘获说认为，月球可能是在地球轨道附近运行的一个小行星，后来被地球所俘获而成为地球的卫星。因为月球的平均密度只相当于地球密度的五分之三，与小行星、陨石的密度十分相近；月球的化学成分与地球也不大相同，这说明在太阳系形成初期，月球和地球分别处于不同位置，它们可能是由太阳原始星云中不同部位的不同物质形成的。因此，很有可能是小行星在围绕太阳运行中，由于接近地球，地球的引力使它脱离原来的轨道而绕地球运行。有人认为，这个事件发生在35亿年前，整个过程经历了5亿年。在月球被地球俘获后⁽⁴⁾，受到地球强大的吸引力，从而引起大规模的火山喷发现象。喷出大量的岩浆，形成月海玄武岩。

分裂说认为，在太阳系形成初期，地球和月球原是一个整体。以后由于高速自转而又熔融状态的地球，在赤道面上形成一串细长的膨胀体，终于分裂而形成月球。他们认为，太平洋就是月球分裂出去时留下的遗迹。现在，许多人都不赞成这种假说，因为月球的位置实际上并不在地球的赤道上面。

同源说认为，地球和月球是由同一块行星尘埃所形成。它们的平均密度和化学成分不同，是由于行星形成之前，太阳原始星云中的金属已经凝聚。地球形成时，一开始便以铁作为核心，随后吸积周围的石质物质。而月球则是在地球形成后，由残余在地球周围的非金属物质聚集而成。

月球形成的这三种假说，都能或多或少地解释月球的成分、密度、结构、轨道及其它基本事实。除分裂说一般认为难以成立外，俘获说和同源说这两种假说究竟哪一种更加合理，目前尚无定论。

最近，有人分析了“阿波罗”宇宙飞船取回的月岩样品

后，认为在月球形成的初期，月球的大部分温度曾达到 1000°C 。距今36亿年前，月球岩浆活动十分激烈，在岩浆的分离过程中，形成了斜长岩成分的月亮，残留部分成为月表的高地。后来岩浆活动逐渐平息，熔岩冷却。大约在几亿年以后，月球比较集中地遭受到各种大型陨星的撞击。这样，使月表出现许多月海盆地、环形山、陨星坑等。此后月球表面的轮廓基本形成，31亿年以来，月球内部的演化已处于“停滞状态”，外力作用在月球的演化史中占有主导地位。陨星冲击月表，使月坑继续形成和增多。

四、恒星的演化

恒星起源和演化的研究比太阳系起源和演化的研究要晚。20世纪初，恒星演化理论才开始发展起来。恒星的生命是漫长的，它的演变是十分缓慢。在短短的人类历史时期内，不可能积累一个恒星的全部“生命”过程的资料。恒星演化理论的研究，按照研究生物进化寻找生物由低级到高级的序列性的方法，也在形形色色的恒星中寻找它们之间的序列性，进一步探讨它们的转化条件，找出它们的发展规律，弄清它们“生命”的历史。

在解释恒星演化的假说中，比较成功的是从星云说的观点出发，认为恒星是由低密度的星际物质凝缩而成的。苏联天文学家阿姆巴楚米杨1955年提出相反的看法，认为恒星是由高密度的星前物质形成的，称之为超密说。但他没有说明形成的过程，大多数天文学家不接受这种看法。

目前，多数天文工作者认为恒星是由庞大而稀薄的星云通过引力收缩凝聚而成的。通过分析研究，我们可以把恒星

“一生”合理地划成以下三个阶段，即形成期、成年期和衰亡期。

（一）形成期——气体星云在引力作用下形成恒星

形成期指的是星际云聚集成星的阶段。我们在宇宙空间观测到大量的星云存在，但只有星云的密度超过一定的限度，才能在引力作用下收缩。据研究认为：星云物质和恒星一样，也围绕银河系中心旋转，当它通过银河系旋臂的时候，受到旋臂中激波的压力，星云便被压缩，密度增大到可以形成恒星的条件。接着，星云内部发生引力收缩，恒星就开始形成了。星云在引力的作用下，逐渐凝聚成团，团内部的压力和温度也相应地升高。收缩过程需要几百万年的时间，但这对恒星的“一生”来说是很短暂的。现在已知星云的主要成分是氢，氢云随着温度的升高，氢原子就变成氢离子；氢云就变成氢离子云。它在引力作用下继续收缩，逐渐形成球状。天文观测已经在某些星云中发现了一些似星非星、似云非云的暗黑色天体，称为球状体。这就是恒星的“胚胎”，即恒星演化初期的过渡天体——原始恒星。

原始恒星在进一步收缩，温度达到二、三千度，内部的压力增大，接近于和引力相抗衡，收缩就变慢了。随着收缩，自转加快，磁场加强，星体处在复杂的矛盾中，发生各种强烈的变动。当星体核心温度增高到80万度以上的时候，内部便开始出现热核反应，成为引力以外的另一种能源。当内部温度升高到700万度，氢聚变为氦的核反应所产生的热能足以和向外辐射消耗的热量相当时，恒星不在收缩，便进入了一个新的阶段——核反应阶段，成为一个正常的恒星。恒星质量越大，收缩越快。象太阳这样的恒星，完成这一阶段的时间大约需要几千万年。

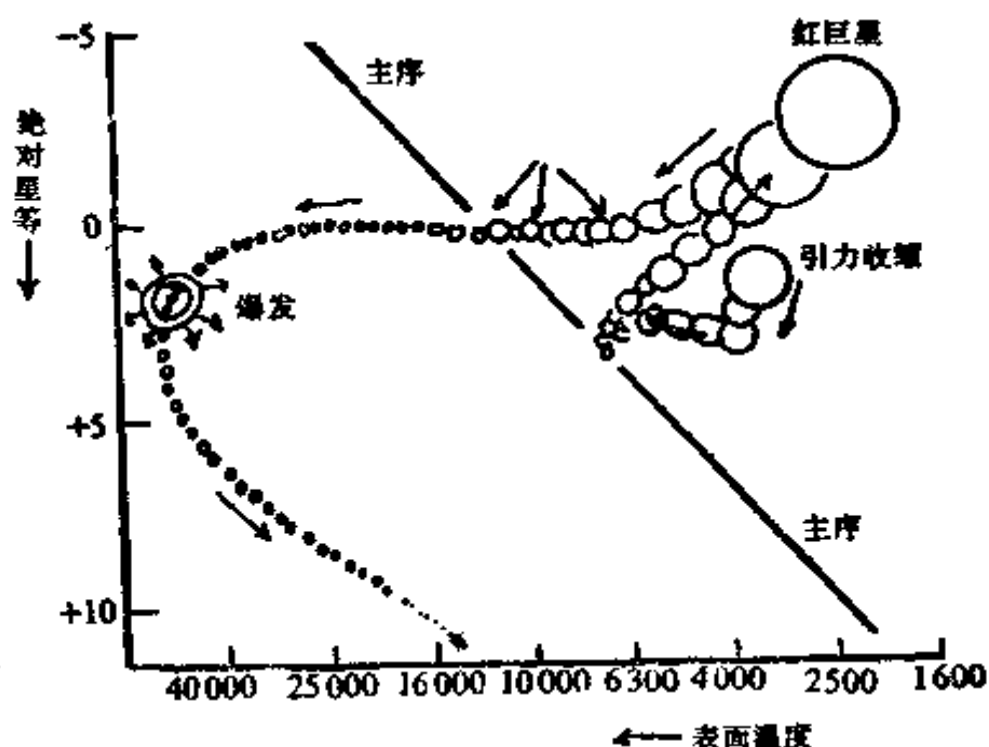


图 9-3 恒星演化的赫罗图

(二) 成年期——热核反应阶段

这个时期是一个相对平衡的时期。由于核反应产生巨大的能量，恒星内部压力增高到足以和引力相抗衡，使恒星不再收缩，因此运动状态基本平衡。内部产生的巨大能量，传递到表面，使表面温度升高，向外辐射很强的可见光，能量的产生和损耗也是平衡的。

质量大的恒星参加核反应的物质多，产生的能量大，所以亮度大，温度高；相反，质量小的恒星，亮度小温度低。处在这一阶段的恒星在赫罗图上，按照质量从大到小的顺序分布在从左上角到右下角的一条直线上，这就是恒星演化的主序阶段。

在恒星物质组成中氢是最丰富的元素，氢核聚变反应可以在很长时间内提供能量，维持恒星强烈的辐射，所以恒星

在这一平衡阶段停留时间很长，这也就是我们看到主序星多的原因。象太阳这样的恒星，在主序阶段要停留大约一百亿年左右。

恒星中心部分，核反应进行得最快，当中心部分的氢绝大部分转化为氦，氢聚变反应所产生的能量供应不足，恒星中心部分失去了足以和引力相对抗衡的内部压力，恒星就在引力作用下收缩。收缩的结果，温度和密度都要增高，中介层剩余的氢就开始发生核反应，供给能量，这时外层温度增高，因而星体外层膨胀，使恒星的体积增大几千倍以上，表面积增大了，表面温度降低，光度仍增强。于是恒星成为温度低、颜色红、体积大、光度高的红巨星。在赫罗图上离开主序星向右上角移动。当温度增高到1亿度时，恒星中心部分氦开始发生三个氦原子核转化为一个碳原子核的核反应，再度提供极大的能量，使内部压力增高，温度超过1亿度，密度超过每立方厘米10万克，恒星又比较稳定下来。象太阳这样的恒星在红巨星阶段大约停留10亿年左右。经过红巨星阶段，恒星便进入晚年期。在赫罗图上离开了红巨星向左移动，开始了不稳定时期。

（三）衰亡期——核反应结束，恒星进入晚年

恒星演化到后期，随着内部温度的升高，氮、碳等核子先后参与热核反应，这些核子的热核反应作用极强，进行十分剧烈，使星体结构愈来愈复杂，变化愈来愈剧烈，恒星进入不稳定阶段即进入变星、爆发新星阶段。爆发抛射出来的物质在星的周围形成一个庞大的气壳，好象星云一样。行星状星云就是这样形成的。

恒星的归宿与本身质量有很大的关系。理论分析表明：在恒星演化末期，出现三类天体，即白矮星、中子星和黑

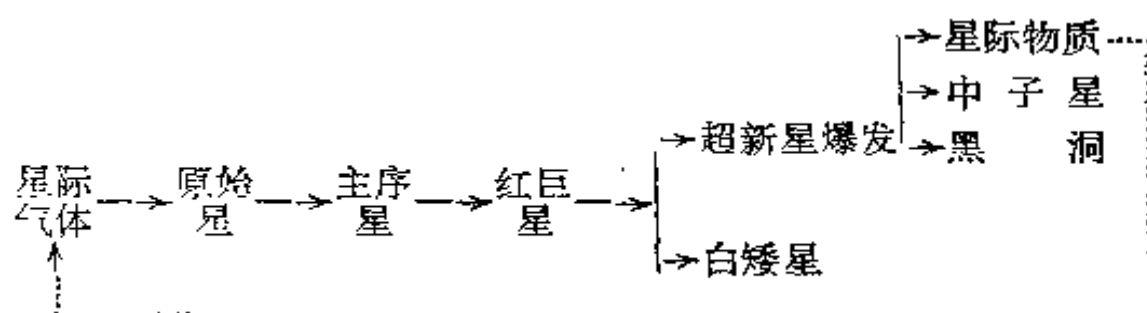
洞，具体属于哪一类，要看质量的大小而定。

质量小的恒星衰亡是平静的。质量为太阳质量1.44倍以下的恒星，结局是白矮星。恒星在引力作用下向心收缩，体积变小，密度增高。体积收缩到比地球甚至月球还小，密度却达到水的十万乃至一千万倍。这时恒星的温度很高，但因体积很小，光度也就很弱，所以它们出现在赫罗图的左下角。

不同质量的恒星走向白矮星的道路是不一样的。质量小于太阳质量一半的恒星，中心温度和密度达不到氢聚变的程度，它们大都不经过红巨星阶段，直接变成白矮星。质量为太阳0.5~1.44倍的恒星，要经过红巨星、脉动、爆发等过程成为白矮星。质量比太阳大三倍的恒星，由于质量大，引力作用强，一旦核反应结束，不是缓慢的收缩，而是迅猛异常的坍缩，向外发出强烈的冲击波，使外层物质猛烈向星际空间抛射，形成弥漫星云，这就是超新星爆发。超新星爆发后，中心部分残留下来的残核，压缩成高密状态，原子中的核外电子几乎全部挤到原子核里去，与质子结合成中子，使之成为中子星（脉冲星）。中子星是由中子、少量质子、电子组成的超密星。核心密度为 4×10^{14} 克/立方厘米。一般说来，直径平均在十公里。表面温度达一千万度，中心可达60亿度。1967年开始发现中子星，现在已知有300颗。

经过超新星爆发，剩余质量仍大于两个太阳质量的，坍缩结果形成比中子星密度更高的天体。这种天体半径一般只有5公里，引力大到任何物体也难以逃脱的程度，光也发不出来，因此称它为黑洞。黑洞不发光，但具有强大的引力存在。至此，恒星的“一生”就结束了。

恒星演化过程图



五、星系的演化

星系的起源演化是个很复杂的问题，研究历史较短，学说也较多，但没有一种理论能被多数人所接受。其研究内容与宇宙的结构和演化是紧密相连的。下面只对一些较重要的理论作简单介绍。

关于星系的起源，较流行的看法是：在宇宙热大爆炸后的膨胀过程中，分布不均匀的星系前物质收缩形成原星系，再演化为星系。关于星系前物质，有人认为是弥漫物质，也有人主张是超密物质，关于原星系的诞生，有两种见解。一种是引力不稳定假说，另一种是宇宙湍流假说。

引力不稳定假说认为，宇宙早期温度在4000K以上时，宇宙中主要为质子、电子、光子、中微子等组成，它们处于辐射时期。温度降到4000K时，等离子体中性化，质点复合期开始。于是，引力不均匀性出现并逐渐增长。最后宇宙物质就因引力不稳定而聚成原星系。计算表明，如果天体形成于复合前或复合初期，则先形成星系团或超星系团，再碎裂成星系或恒星；如果天体形成于复合晚期，则先形成 10^5 太阳质量的结构，一部分保留至今成为球状星团，一部分则聚

合成星系、星系团。

宇宙湍流假说认为，在宇宙等离子物质复合以前，强辐射压可能引起湍流涡流。物质中性化后，辐射不再影响物质运动，涡流的碰撞、混合、相互作用产生巨大的冲击波，并形成团块群，再演变为星系。这一学说较自然地说明了星系和星系团的自转起因。计算表明，实体占优势时期形成的结构为 10^5 太阳质量；复合时期形成的结构物则是 10^{12} 太阳质量。

两种假说在星系形成的时期上观点比较一致，认为它们大约在100亿年前形成的。

星系的演化见解也很多。早在二十世纪三十年代，人们就把形态的序列看成是演化的序列，认为星系从球形开始，因自转而变扁，扁平部分形成旋臂，旋臂逐渐松卷以至消失。根据这种看法，星系的演化序列应该是，椭圆星系到旋涡星系，最后演化成不规则星系。还有人认为，形态序列是演化序列，但方向相反。也即星系应该从不规则星系开始，经过旋涡星系，椭圆星系，最后因自转获得轴对称而演变为球状星系。

现在从观测的事实来看，椭圆星系和旋涡星系中都有老年星，而且年龄差不多。此外，质量、扁度等这些量上差别也表明，星系的形态序列不是演化序列，各种类型星系彼此不能相互转化。所以，人们认为星系形成时就具有一定的形态，以后一直保持下来，并不再有显著的变化。演化是很缓慢的，除非有什么特殊情况，可以影响到星系的外围物质，星系结构才可能变化。

总之，星系起源和演化的问题是复杂的，涉及的而也很广。虽然目前关于这方面的见解很多，假说也不少，但其还是一个远未解决的课题，需要进一步探索研究。

第十章 宇宙论

宇宙是广漠空间和其中存在的各种天体以及弥漫物质的总称。宇宙是物质世界。它处于不断的运动和发展中，在空间上无边无界，在时间上无始无终。《淮南子·齐俗训》说：“往古来今谓之宙，四方上下谓之宇”。宇宙一般当作天地万物的总称。人类对宇宙的认识，从太阳系到银河系，再扩展到河外星系、星系团乃至总星系。人们的视野已达到200亿光年的宇宙深处。为区别于哲学上的宇宙概念，我们把观测所及的宇宙（总星系）叫做“我们的宇宙”。

一、宇宙的创生

关于“我们的宇宙”究竟是怎样创生的，目前为大多数科学家接受的是大爆炸宇宙学，它认为：“我们的宇宙”起源于一个温度极高、体积极小的原始火球，在距今约200亿年前，由于某种物理原因，这个火球发生大爆炸，“我们的宇宙”在大爆炸中诞生。随着空间膨胀，温度降低，物质的密度也逐渐减小，原先存在的质子、中子等基本粒子结合成氢、氦、氘等元素；以后又逐渐形成星系、星系团；并逐渐形成恒星。目前“我们的宇宙”仍在膨胀，虽然它的膨胀速度已经减慢了。今天，宇宙中的物质密度已降到 10^{-31} 克/立方厘米，温度也下降到绝对温度2.7度。这个由弗里德曼、伽莫

夫等人创立的宇宙学说同一些观测事实符合得较好。例如，观测发现，几乎所有星系在彼此远离，这好象一个不断膨胀的气球，它表面上的各点在彼此分离；又如大爆炸宇宙学预言现今宇宙只有2.7K的温度，1965年两名美国科学家发现了这种温度只有2.7K的宇宙微波背景辐射。正由于上述事实及其他一些理由，大爆炸宇宙学目前在宇宙学中占统治地位。但大爆炸宇宙学也有解决不了的困难问题，如所谓的奇点困难，既物质密度无限大的问题。

除大爆炸宇宙学提出宇宙有演化的膨胀模型外，英国天文学家邦迪、霍伊耳和戈尔特提出一种稳恒态宇宙模型，认为宇宙的性质在大尺度范围内是稳恒不变的。在大尺度空间，物质是均匀的、各向同性的；在时间上，宇宙各局部是变化的，但在大尺度上处于稳定状态。根据这个模型，宇宙膨胀过程中，物质不断从虚无中产生出来，以维持总的物质密度不变，这就与许多守恒定律相矛盾。

法国天文学家沃库勒等人提出了一种等级式宇宙模型，认为宇宙在结构上是分层次的，如恒星是一个层次，大量恒星集合组成了星系，若干星系结合在一起组成星系团，许多星系团又组成超星系团等。这种观点和目前观测是相符的。但这种模型认为，在更大尺度的空间范围，这种聚集成团现象还是存在的，不同意前两种宇宙模型中的宇宙学原理，即在大尺度范围物质分布是均匀的，各向同性的。由于这种宇宙模型没有精确的数学表达式，也没有作出什么确切的理论预言，故在学术界影响不大。

关于“我们的宇宙”还有好多种模型，但从目前看，大爆炸宇宙学与实际最为接近，然而，由于它还存在难以解决的问题，谁也不敢说宇宙就是这样创生的。

二、宇宙空间有多大？

经常听到人们提出这样的问题：“宇宙有边界吗？如果有的话，边界以外又是什么呢？”要回答这一问题，首先要知道，这里所说的“宇宙”是指人类观测所及的宇宙即“我们的宇宙”或总星系。这个总星系的边界达到何处？核心又在哪儿？迄今还未能探明。我们只能说，在目前天文望远镜所观测到的接近200亿光年的空间范围内，有着大约几十亿个星系。

为了使读者对目前观测到的宇宙的形象有一个粗略的概念，我们设想观测到的宇宙是一个半径为1公里的大球，拥有1500亿颗恒星的银河系位于球心，则其大小和形状将有如一粒阿斯匹林药片。银河系的孪生姐妹仙女星系 M_{31} 将距我们13厘米。再往外，距本星系群最近的一个玉夫星系团（和本星系群一样，拥有的星系也不多）离我们约60厘米。3米以外则是拥有200多个星系，体积如足球大小的室女星系团的中心，该星系团是一大群星系的松散集合体，本星系群也是其下属。再往远处去，20米处是含有几千个星系的集团，后发星系团。更远处还存在着更大的星系团，最大的直径达20米左右。天空最强射电星系之一的天鹅座A，距我们45米；最亮的类星体3C273，位于130米处；而1979年4月发现的第一个引力透镜类星体Q0957+561远处于600米之遥。近几年来发现的远达100多亿光年的少数星系和类星体，例如1986年8月25日《人民日报》登载的英国剑桥大学科学家斯蒂芬·沃伦等人发现的离地球200亿光年的类星体，则几乎达到了可见宇宙的边缘，接近1公里处。

以上有关“我们的宇宙”大小的介绍是建筑在目前为大多数天文学家所承认的大爆炸宇宙学模型的基础上。

与膨胀宇宙模型对立的观点也很多，如有一些学者提出光子老化假说，认为从河外星系或类星体发射来的光子，经过漫长的岁月到达地球过程中，沿途损失掉一些能量，因此我们接收到的是频率较低、波长较长的老化了的光子，于是我们测得的红移值并不能推算出河外星系或类星体的真实距离。如果这个观点能被更多的物理实验和天文观测所证实，则宇宙的大小就不是200亿光年了。

按照近年来出现的暴胀宇宙模型，“我们的宇宙”仅仅是许多个宇宙中的一个。这么多的宇宙都处在一个比人们想象大得多的超级宇宙之中。也就是说，在“我们的宇宙”的边界之外，还有很多远在人们视野之外的其它暴胀着的宇宙，犹如一大锅（宇宙）沸汤中翻滚着的许多相互隔离着的气泡（“我们的宇宙”是其中之一）。这是对本文开头所提问题的另一种回答。

由此可见，现在要讲清楚宇宙空间究竟有多大，确实是一个很难回答的问题。谜底总是可以揭开的，但还要付出艰辛的劳动。

三、宇宙的年龄

宇宙是什么时候诞生的？它现在有多大高寿？这是一个自古以来就使许多寓言家、哲学家和自然科学工作者感兴趣的问题。我国古代就有盘古开天辟地的神话故事，有“以十二万九千六百年为宇宙之终始”的说法。公元1658年，英国圣公会的厄谢尔“算出”创业的时间是公元前4004年。1755

年，德国哲学家康德认为地球的年龄为几百万年。现在，根据放射性元素衰变的规律，地质学家和地球化学家可以从岩石里铀和铅的含量直接计算出岩石的年龄为40亿年。地球以目前固态形式存在的年龄大约是47亿年。由同位素含量定出的太阳系年龄的上限为 54 ± 4 亿年。球状星团中恒星的低金属含量表明，它们属于从原星系凝聚出来的第一代恒星，因而属于银河系中的最古老天体，利用球状星团的赫罗图，可以推算出星团和银河系的年龄为80到180亿年，这标志着宇宙年龄的下限。

宇宙的年龄究竟是多大呢？按照目前公认的标准热大爆炸宇宙模型，现代宇宙学中所述的宇宙的年龄就以这一原初大爆炸的时刻为起算点。1929年，哈勃首先发现河外星系的退行速度与距离成正比，并测出其比值为500公里/秒·兆秒差距。后来，为了纪念哈勃的功绩，国际天文界公认此比值为哈勃常数。1974年以来，桑德奇和塔曼经过多年的辛勤工作，用7种距离指标的方法修订哈勃常数，得出的哈勃常数值为50公里/秒·兆秒差距，只及哈勃当年测定值的十分之一。显然，按照标准大爆炸理论，如果物质是均匀膨胀的，而彼此间又没有引力等相互作用，则哈勃常数的倒数就直接给出宇宙的年龄，根据计算，约200亿岁。

宇宙的年龄果真是200亿岁吗？目前还是个谜。首先，宇宙中的物质不可能没有相互作用，宇宙膨胀不可能是均匀的，因此，我们得到的只能是宇宙年龄的上限；其次，哈勃常数的数值测定与许多因素有关。例如，法国天文学家沃库勒用了新星、造父变星、天琴座RR型变星、超巨星和食变星五种天体作为标准烛光，对300个星系进行观测，他得到的哈勃常数值为100公里/秒·兆秒差距，则由此求得的宇宙

年龄只有100亿岁，一下子年轻了一半。1975年以来，许多天文学家用不同方法测得的哈勃常数数值都在50与100公里/秒·兆秒差距之间。英国天文学家罗旺·罗宾逊花了几年的时间，仔细分析研究了许多天文学家的观测数据，得出结论认为，以造父变星、新星和超新星三类天体做距离指示天体所测星系的距离较为可靠。于是，仅保留这些数据并按照它们被测定的可靠程度在计算过程中加以不同的权重，这样获得的哈勃常数数值为 67 ± 15 公里/秒·兆秒差距。于是，宇宙年龄大约是150亿岁。

1986年8月下旬在北京举行了国际天文学联合会第124次（观测宇宙学）讨论会。这次会议上宣布的关于宇宙年龄最好的结果是140~200亿年。

由此可见，宇宙年龄的测定，既与所假设的宇宙模型有关，也有赖于对天体距离测量精度的进一步提高。宇宙果真有200亿岁吗？目前还是个谜。要取得确切的答案，有待科学家的继续努力。

四、宇宙的结局

对一个从整体看是静止的宇宙，谈其未来的命运是没有意义的：一处的恒星死亡了，另一处又诞生新的恒星；一个星球上的文明毁灭了，另一个星球上又演化出新的生命和文明来，……年年如此岁岁一样，就无所谓未来的命运。对一个逐渐演化的宇宙，就存在它向什么方向演化的问题，我们这里只是在大爆炸宇宙学框架中进行预测。根据现有的观测资料和现有的物理理论，推测我们这个不断减速膨胀的宇宙今后会发生些什么事，宇宙的结局怎样。

宇宙膨胀速度在减小的原因是很清楚的：宇宙中物质之间有引力相互作用，这个引力使星系彼此分离的速度减小了。问题是，这个引力最终能否拉住彼此离散的物质，使宇宙停止膨胀，并再次把星系汇拢起来？还是只能减慢各星系分离的速度，却永远也中止不了这个膨胀的趋势？看来关键是宇宙中物质的总量，如果宇宙中物质足够多，引力就足够强，那么总有一天，宇宙就会停止膨胀；如果宇宙中物质总量不够多，引力就不够大，那么宇宙就永远也不会停止膨胀。

怎样衡量宇宙中物质的多寡呢？我们可以用单位体积中的物质质量，即密度来衡量。根据观测，目前宇宙中物质的密度是 10^{-31} 克/立方厘米，即每1万升空间约有6个质子。而根据计算，如果宇宙中物质密度达到每1万升空间中约有300个质子，即 4.7×10^{-30} 克/立方厘米，那么宇宙就可能最终停止膨胀，这个密度就叫做临界密度。

由于宇宙中的物质不都是发光的，所以有许多物质我们看不到，这就影响了我们测定目前宇宙中物质密度的准确性。例如，星系中除了发光的恒星外，还有发光很弱的天体，如白矮星、黑矮星等，还有大量的星际尘埃，以及不发光的黑洞。星系之间也存在大量看不见的物质。目前观测到的物质密度是宇宙临界密度的5%，如果把上述看不见的物质也算进去，那么宇宙中实际物质密度离临界密度相去就不远了。

近年来，在寻找宇宙中看不见的物质中又有许多新的进展，已知许多天体上所进行的核反应过程中要释放中微子这种基本粒子。以前一直认为中微子和光子一样，没有静止质量，即没有静止的中微子（犹如没有静止的光子），但近来

有些科学家测得中微子也有静止质量，虽然这个质量很小，只有质子质量的几千万分之一，可是宇宙中中微子的总数估计至少是质子、中子等重子数的几亿倍。另外，理论预测，宇宙中还存在引力微子、光微子、轴子等多种基本粒子，它们质量很小，数量却很大，如果把这些粒子的质量也算进去，宇宙中物质密度就远远超过临界密度，那么“我们的宇宙”也许就总有一天会停止膨胀，并在引力作用下收缩起来。我们这个膨胀宇宙就变成了坍缩宇宙，所有在膨胀宇宙中出现的事件将逆序重新出现，直到有一天，宇宙中所有物质在强大的引力作用下又聚集在一个极小极小的范围内，这就是“我们的宇宙”一个可能的结局。等到再来一次大爆炸，诞生了下一代宇宙，一切又重新开始。从“我们的宇宙”看是有生有死，而从上一代宇宙向下一代宇宙过渡看，整个宇宙系列是不中断的，既无起点，又无终点，在时间上是无限的，但这样的宇宙在空间上却是有限的，它是脉动形式：由小变大，又由大变小，无限循环。

当然以上所说的中微子质量，以及理论预言的光微子、引力微子、轴子等的存在都尚未得到最后的证实，从目前看，宇宙物质密度比临界质量小，故宇宙似乎应该永远膨胀下去。假如宇宙一直膨胀下去将会出现些什么情况呢？我们按现有的物理理论进行合理的演绎，推理。

对一个永远膨胀下去的宇宙来说，不仅空间将是无限的，其未来的时间也是无限的，对喜欢无限时空的我们，这确是一个令人振奋的好消息。不过对其中的生命来说，这可不太妙了，生命只能在不断膨胀的宇宙的某一阶段生存、繁衍，过了一定时间以后生命赖以存在的条件逐渐消失殆尽，生命也终将走完自己的路。这可以从下面的叙述中看出来。

“我们的宇宙”已有约200亿岁的高寿，即它已走过约200亿年的路，而它未来的路可更长呢！再过70亿年左右，我们的太阳将进入晚期，这时太阳上目前进行的由氢聚变成氦的热核反应将由于氢燃料面临枯竭而停止，太阳的外壳将急剧膨胀，结果会把水星、金星都包括进去，受它的烘烤，地球上海洋将沸腾以至蒸发光，所有地表上的物质将付之一炬，生命也将灭绝，只有那些早已飞往其它星球的人才得以幸免，地球的末日来临了。随着太阳上的核反应一个接一个进行，核燃料最终被烧光，太阳就将成为一个逐渐冷却的不再收缩的矮个子——白矮星。太阳作为恒星的寿命算走到了头。

质量比太阳小的恒星，它的压力小，温度低，核反应进行得慢，其寿命就比太阳长，大约有几万亿（ 10^{12} ）年。

在宇宙的目前阶段，由于氢含量很高，所以有的恒星死亡了，有的地方却在诞生新的恒星。随着氢元素的减少，组成新恒星的材料不够用了，于是恒星总数是死亡的多，诞生的少。在宇宙年龄为几百万亿（ 10^{14} ）年时，宇宙中所有恒星都将进入晚期，靠自身的余热在苟延残喘了。那时，靠恒星提供热和光的生命将在严酷的寒冷中搏斗。

在宇宙年龄为 10^{17} （十亿亿年）时，由于恒星的相互碰撞，所有的行星都将被撞出恒星的引力范围，在冰冷的宇宙空间游荡。行星的温度将降到摄氏零下270多度，除了极少数高级生物，能在死亡恒星附近造一些人造天体，靠恒星余热生存下去，绝大部分生命将会灭绝。

如果恒星相互碰撞得很厉害，其中一颗恒星会撞出星系，而另一颗恒星则落到星系中心的陷阱中去。在百亿亿（ 10^{18} ）年以后，星系中大约90%的物质被撞出星系，只剩

下10%的物质落进星系核，组成一个大黑洞。

质子的寿命约 $10^{30} \sim 32$ 年，在大约 10^{32} 年以后，宇宙中所有质子都要衰变完，这时宇宙中只有光子、中微子、电子、正电子和大量的黑洞，其它物质都不存在了，生命也包括在内。

在宇宙年龄为 10^{32} 年以后，宇宙将继续膨胀，物质密度将越来越稀薄，而宇宙中的黑洞，将不断蒸发，小的蒸发快，大质量的蒸发慢，一直到 10^{100} 年时，所有的黑洞也将蒸发光。于是宇宙中只有那几种粒子组成的稀薄气体，而且还越来越稀薄，这种过程将一直维持下去。对于宇宙的这种结局，我们丝毫不必悲观，因为，这只是一种理论上推测的可能性，真实的情况如何呢？还有待今后的观测实践的探索。

附 录

一、天文数据表

(一) 一般数据

1 天文单位: 1.4960×10^8 公里

1 光年: 9.4605×10^{12} 公里 = 6.324×10^4 天文单位

1 秒差距: 3.0857×10^{13} 公里 = 2.06265×10^5 天文单位

黄赤交角 (2000年): $23^\circ 26' 21.448''$

1 恒星日: 0.99726957 平太阳日 = 23时56分0.40905 秒
(平太阳时)

1 平太阳日: 1.00273791 恒星日 = 24时03分56.5554秒
(恒星时)

1 朔望月: 29.530589 平太阳日 = 29日12时44分02.8 秒
(平太阳时)

1 恒星月: 27.321661 平太阳日 = 27日07时43分11.5 秒
(平太阳时)

1 回归年: 365.24220 平太阳日

(二) 太阳数据

日地平均距离: 1 天文单位 = 1.4960×10^8 公里

太阳直径: 1.392×10^6 公里 = 109.1地球直径

太阳表面积: 6.08×10^{12} 平方公里 $\approx 1.2 \times 10^4$ 地球表面

积

太阳体积: 1.412×10^{18} 立方公里 = 1.3034×10^6 地球体积

太阳质量: 1.989×10^{33} 克 = 3.32831×10^5 地球质量

太阳平均密度: 1.409 克/立方厘米

太阳表面有效温度: 5770K

太阳活动周期的平均长度: 11.04 年

(三) 地球数据

赤道半径: 6378.140 公里

极半径: 6356.755 公里

地球椭球体的扁率: $1/298.257$

赤道周长: 40075.13 公里

地球表面积: 5.11×10^8 平方公里

陆地面积: 1.49×10^8 平方公里 = 29% 地球表面积

海洋面积: 3.62×10^8 平方公里 = 71% 地球表面积

地球体积: 1.083×10^{12} 立方公里

地球质量: 5.977×10^{27} 克

地球平均密度: 5.52 克/立方厘米

表面脱离速度: 11.19 公里/秒

标准重力加速度: 9.80665 米/秒²

地球绕太阳公转平均速度: 29.79 公里/秒

地球上任一点的线速度: $0.465 \cos \varphi$ 公里/秒

(四) 月球数据

月地平均距离: 384401 公里 = 0.00257 天文单位

月球直径: 3476.4 公里

月球体积: 2.200×10^{10} 立方公里

月球质量: 7.350×10^{22} 克

月球平均密度：3.34¹克/立方厘米

月面重力加速度：1.622米/秒²

月面脱离速度：2.38公里/秒

月球绕地球旋转轨道偏心率：0.05490

月球绕地球旋转轨道倾角：5°08'43.4"

月球绕地球旋转平均速度：1.02公里/秒

(五) 银河系数据

银河系质量：2 × 10¹²太阳质量

银河系直径：10万光年

银河系厚度：1000~10000光年

太阳处银河系物质总密度：8.8 × 10⁻²⁴克/立方厘米

太阳距银心：2.3万光年

太阳处银河系自转速度：250公里/秒

太阳处银河系自转周期：2.5 × 10⁸年

银河系年龄：10¹⁰年

银河系主要化学成分：氢约73%、氦约27%

银河系脱离速度：

 银河系中心处700公里/秒

 太阳附近处360公里/秒

 银河系边缘处240公里/秒

二、行星数据表

(一) 行星物理参数

行星	赤道半径 公里	体积 地球半径 =1	质量 克	密度 地球密度=1 克/厘米 ³	平均密度 克/厘米 ³	表面重力 加速度 地球重力 =1 厘米/秒 ²	脱离速度 公里/秒	自转 率
水星	2440	0.056	3.30×10^{26}	0.034	5.46	0.37	4.3	0.0
金星	6050	0.836	4.87×10^{27}	0.817	5.26	0.88	10.3	0.0
地球	6378	1.000	5.976×10^{27}	1.000	5.52	1	11.2	0.0024
火星	3395	0.150	6.421×10^{26}	0.1075	3.90	0.38	5.0	0.009
木星	71400	1316	1.90×10^{30}	317.04	1.33	2.64	59.5	0.048
土星	60000	745	5.683×10^{29}	95.18	0.70	1.15	35.3	0.103
天王星	25300	65.2	8.745×10^{28}	14.63	1.24	1.17	21.4	0.0203
海王星	24750	57.1	1.029×10^{29}	17.22	1.66	1.19	23.6	0.059
冥王星	1350	0.009	1.40×10^{25}	0.0024	1.5	0.05	1.2	

(二) 行星公转轨道要素

行 星	轨道半长径 a		偏心率 e	轨道面 和赤道面 的交角 i	行星公转的 恒星周期 (日)	全合期 (日)	轨道运动 平均速度 (公里/秒)
	天文 单位	百万 公里					
水 星	0.387	57.9	0.206	7.0°	87.969	115.88	47.89
金 星	0.723	108.2	0.007	3.1°	224.701	583.92	35.03
地 球	1.000	149.6	0.017	0°	365.256	—	29.79
火 星	1.521	228.0	0.093	1.9°	686.980	779.94	24.13
木 星	5.205	778.7	0.048	1.3°	4332.589	398.88	13.06
土 星	9.576	1432.6	0.055	2.5°	10759.2	378.09	9.64
天王星	19.28	2884.3	0.051	0.8°	30685.4	369.66	6.81
海王星	30.13	4507.4	0.006	1.8°	60189	367.49	5.43
冥王星	39.87	5964.6	0.256	17.1°	90465	366.73	4.74

(三) 行星自转数据

行 星	自转的恒星周期	赤道和公转轨道交角
水 星	58.646天	$<28^\circ$
金 星	243天	177°
地 球	$23^h 56^m 1.1^s$	$23^\circ 27'$
火 星	$24^h 37^m 22.6^s$	$23^\circ 56'$
木 星	(赤道) $9^h 50^m.5$	$3^\circ 05'$
土 星	(赤道) $10^h 14^m$	$26^\circ 44'$
天王星	$(24 \pm 3)^h$	$97^\circ 55'$
海王星	$(22 \pm 4)^h$	$28^\circ 48'$
冥王星	6.3867天	$>61^\circ$

三、卫星数据表

名 称	最亮 星等	直径 (公里)	与行星的 平均距离		公转周期 日 时 分	轨道倾角(度)	发现年代
			10 ³ 公里	(")			
月 亮	12.7	3476	384.5	—	27 07 43	18—19	
火 卫 一	11.6	21	9.4	25	0 07 39	1.1	1877
火 卫 二	12.7	12	23.5	63	1 06 18	1.8	1877
木 卫 一	5.0	3630	422	138	1 18 23	0	1610
木 卫 二	5.3	3140	671	220	3 13 14	0.5	1610
木 卫 三	4.6	5260	1070	351	7 03 43	0.2	1610
木 卫 四	5.6	4800	1885	618	16 16 32	0.2	1610
木 卫 五	14.1	170	180	59	0 11 57	0.4	1892
木 卫 六	14.8	185	11470	3760	251	28	1904
木 卫 七	16.8	75	11740	3850	260	28	1905
木 卫 八	17.1	(50)	23330	7650	735	148	1908
木 卫 九	18.3	(35)	23370	7660	758	153	1914
木 卫 十	18.4	(35)	11710	3840	260	29	1938
木 卫 十一	18.0	(40)	22250	7330	692	164	1938
木 卫 十二	18.9	(30)	21200	6954	631	147	1951
木 卫 十三	20.0	(15)	11110	3640	240	27	1974
木 卫 十四	16.0	(100)	222	73	0 16 11	—	1979
木 卫 十五	18.7	(25)	129	42	0 7 7	—	1979
木 卫 十六	17.5	(10)	128	42	0 7 7	—	1979
土 卫 一	12.5	390	187	30	0 22 37	1.5	1789
土 卫 二	11.8	500	238	38	1 08 53	0.02	1789
土 卫 三	10.3	1060	295	48	1 21 18	1.1	1684
土 卫 四	10.4	1120	378	61	2 17 41	0.02	1684

注：表内数据加有括号的，表示该数据至少有10%的误差

续表

名 称	最亮 星等	直径 (公里)	与行星的 平均距离		公转周期 日 时 分	轨道倾发现	
			10 ³ 公里	(")		角(度)	年代
土卫五	9.7	1530	526	85	4 12 25	0.4	1672
土卫六	8.4	5550	1221	197	15 22 41	0.3	1655
土卫七	14.2	255	1481	239	21 06 38	0.4	1848
土卫八	11.0	1460	3561	575	79 07 56	14.7	1671
土卫九	16.5	220	12960	2096	550 11	150	1898
土卫十	(14)	190	151	25	0 16 41	0.3	1966
土卫十一	(15)	120	151	25	0 16 41	0.1	1966
土卫十二	(18)	30	378	61	2 17 41	0.2	1980
土卫十三	(18)	25	295	48	1 21 20	~0	1980
土卫十四	(18)	25	295	48	1 21 20	~0	1980
土卫十五	(18)	30	137	23	0 14 26	0.3	1980
土卫十六	(15)	100	139	23	0 14 43	0	1980
土卫十七	(16)	90	142	24	0 15 04	0.1	1980
土卫十八							
土卫十九							
土卫二十							
土卫二十一							
土卫二十二							
土卫二十三							
天王卫一	14.0	1160	190.9	14.3	2 12 29	0	1851
天王卫二	14.9	1190	266	20	4 03 29	0	1851
天王卫三	13.9	1610	436.3	32.7	8 16 56	0	1787
天王卫四	14.1	1550	583.4	43.8	13 11 07	0	1787
天王卫五	16.5	485	129.9	9.7	1 69 36	3.1	1948
1985U ₁	20.3	170	86.0	6.5	0 18 19	~0	1985

续 表

名 称	最亮 星等	直径 (公里)	与行星的 平均距离		公转周期 日 时 分	轨道倾 角(度)	发现 年代
			10 ³ 公里	(")			
1986U ₁	>21.5 <0.1	(80)	66.1	5.0	0 12 19	~0	1986
1986U ₂	>21.3 <0.1	(80)	64.6	4.9	0 11 48	~0	1986
1986U ₃	>22.2 <0.1	(60)	61.8	4.6	0 11 07	~0	1986
1986U ₄	>22.2 <0.1	(60)	69.9	5.2	0 13 21	~0	1986
1986U ₅	>22.2 <0.1	(60)	75.3	5.6	0 14 51	~0	1986
1986U ₆	>22.2 <0.1	(60)	62.7	4.7	0 11 24	~0	1986
1986U ₇	>22.9 <0.1	(40)	19.7	3.7	0 7 59	~0	1986
1986U ₈	>22.6 <0.1	(50)	53.8	4.0	0 9 00	~0	1986
1986U ₉	>22.6 <0.1	(50)	59.2	4.4	0 10 24	~0	1986
海王卫一	13.6	(3500)	354	17	5 21 03	160	1846
海王卫二	18.7	(300)	5600	264	365 5	27.6	1949
1989N ₁							
1989N ₂							
1989N ₃							
1989N ₄							
1989N ₅							
1989N ₆							
冥王卫一	17.0	1300	19.1	0.9	6 09 17	~0	1978

四、全天星座表

星座中名	符 号	位 置	面 积 (平方度)	星 数 (亮于6等 星的)
仙女座	And	北	722	100
唧筒座	Ant	南	239	20
天燕座	Aps	南	206	20
宝瓶座	Aqr		980	90
天鹰座	Aql	北	652	70
天坛座	Ara	南	237	30
白羊座	Ari		441	50
御夫座	Aur	北	657	90
牧夫座	Boo	北	907	90
雕具座	Cae	南	125	10
鹿豹座	Cam	北	757	50
巨蟹座	Cnc		506	60
猎犬座	CVn	北	465	30
大犬座	CMa	南	380	80
小犬座	CMi	南	183	20
摩羯座	Cap		414	50
船底座	Ca	南	494	110
仙后座	Cas	北	598	90
半人马座	Cen	南	1060	150
仙王座	Cep	北	588	60
鲸鱼座	Cet	南	1230	100
蝎蜓座	Cha	南	132	20
圆规座	Cir	南	93	20
天鸽座	Col	南	270	40
后发座	Com	北	386	53

续 表

星座中名	符 号	位 置	面 积 (平方度)	星 数 (亮于6等 星的)
南 冕 座	CrA	南	128	25
北 冕 座	CrB	北	177	20
乌 鸦 座	rv	南	184	15
巨 爵 座	Crt	南	282	20
南十字座	Cru	南	68	30
天 鹅 座	Cyg	北	804	150
海 豚 座	Del	北	189	30
剑 鱼 座	Dor	南	179	20
天 龙 座	Dra	北	1083	80
小 马 座	Equ	北	72	10
波 江 座	Eri	南	1138	100
天 炉 座	For	南	398	35
双 子 座	Gem		514	70
天 鹤 座	Gru	南	366	30
武 仙 座	Her	北	1225	140
时 钟 座	Hor	南	249	20
长 蛇 座	Hya	南	1300	130
水 蛇 座	Hyi	南	243	20
印 茅 安 座	Ind	南	294	20
蝎 虎 座	Lac	北	201	35
狮 子 座	Lco		947	70
小 狮 座	LMi	北	232	20
天 兔 座	Lep	南	290	40
天 秤 座	Lib		538	50
豺 狼 座	Lup	南	334	70
天 猫 座	Lyn	北	545	60
天 琴 座	Lyr	北	286	45

续表

星座中名	符 号	位 置	面 积 (平方度)	星 数 (亮于6等 星的)
山 案 座	Men	南	173	15
显微镜座	Mic	南	219	20
麒麟座	Mon	南	482	85
苍蝇座	Mus	南	138	30
矩尺座	Noz	南	165	20
南 极 座	Oca	南	291	35
蛇夫座	Ophi	北	948	100
猎 户 座	Ori	南	394	120
孔 雀 座	Pav	南	378	45
飞 马 座	Peg	北	1121	100
英 仙 座	Per	北	615	90
风 凰 座	Pho	南	469	40
绘 架 座	Pic	南	247	30
双 鱼 座	Psc		889	75
南 鱼 座	Psa	南	245	25
船 舫 座	Pup	南	673	140
罗 盘 座	Pyx	南	221	25
网 罟 座	Ret	南	114	15
天 箭 座	Sge	北	80	20
人 马 座	Sgr		867	115
天 蝎 座	Sco		497	100
玉 夫 座	Scl	南	475	30
盾 牌 座	Sct	北	109	20
巨 蛇 座	Ser	北	637	60
六分仪座	Sex	南	317	25
金 牛 座	Tau		797	125
望远镜座	Tel	南	252	30

续 表

星座中名	符 号	位 置	面 积 度 (平方度)	星 数 (亮于6等 星的)
三 角 座	Tri	北	132	15
南三角座	TrA	南	110	20
杜 躬 座	Tuc	南	295	25
大 熊 座	UMa	北	1280	125
小 熊 座	UMi	北	256	20
船 帆 座	Vel	南	500	110
室 女 座	Vir		1290	95
飞 鱼 座	Vol	南	141	20
狐 狸 座	Vul	北	268	45

五、星座观测月表

一月份：星座：飞马座、仙女座、英仙座、御夫座、金牛座、猎户座、大犬座、小犬座、双子座。

其它目标：昴星团（位于金牛座中）、猎户座大星云、开阳双星、金牛座 θ 双星、猎户座 π_5 双星、大陵五变星（英仙座 β 星）。

二月份：星座：飞马座、仙女座、英仙座、御夫座、金牛座、猎户座、大犬座、小犬座、双子座、狮子座。

其它目标：昴星团、仙女座大星云、猎户座大星云、开阳双星、金牛座 θ 双星、猎户座 π_5 双星、大陵五变星。

三月份：星座：仙女座、英仙座、御夫座、金牛座、猎户座、大犬座、小犬座、双子座、狮子座。

其它目标：昴星团、英仙座星团、仙女座大星云、猎户座大星云、开阳双星、金牛座 θ 双星、猎户座 π_1 双星、大陵五变星。

四月份：星座：英仙座、御夫座、金牛座、猎户座、大犬座、小犬座、双子座、狮子座、室女座、长蛇座、牧夫座。

其它目标：英仙座星团、大陵五变星、室女座流星。

五月份：星座：双子座、狮子座、室女座、牧夫座、武仙座、天琴座、长蛇座。

其它目标：武仙座星团、天琴座 ϵ 双星、天琴座 β 变星、宝瓶座流星。

六月份：星座：狮子座、室女座、牧夫座、巨蛇座、蛇夫座、武仙座、天琴座、天鹰座、天鹅座、天蝎座。

其它目标：天琴座 ϵ 双星、天琴座 β 变星、武仙座星团。

七月份：星座：牧夫座、巨蛇座、蛇夫座、武仙座、天琴座、天鹰座、天鹅座、天蝎座、人马座、飞马座。

其它目标：开阳双星、摩羯座 α 及 β 各双星、天琴座 β 变星、宝瓶座流星。

八月份：星座：牧夫座、武仙座、巨蛇座、蛇夫座、天琴座、天鹰座、天鹅座、天蝎座、人马座、飞马座、仙女座、宝瓶座。

其它目标：仙女座大星云、开阳双星、摩羯座 α 及 β 各双星、天琴座 β 变星、英仙座流星。

九月份：星座：牧夫座、巨蛇座、蛇夫座、武仙座、天琴座、天鹰座、天鹅座、人马座、飞马座、仙女座、英仙座、宝瓶座、鲸鱼座。

其它目标：英仙座星团、武仙座星团、仙女座大星云、开阳双星、摩羯座 α 及 β 各双星、大陵五变星、天琴座 β 变星。

十月份：星座：武仙座、巨蛇座、蛇夫座、天琴座、天鹰座、天鹅座、飞马座、仙女座、英仙座、宝瓶座、鲸鱼座。

其它目标：昴星团、英仙座星团、武仙座星团、仙女座大星云、开阳双星、天琴座 ϵ 星、摩羯座 α 及 β 各双星、大陵五变星、天琴座 β 变星、猎户座流星。

十一月份：星座：天琴座、天鹰座、天鹅座、飞马座、仙女座、鲸鱼座、英仙座、御夫座、金牛座。

其它目标：昴星团、开阳双星、天琴座 ϵ 双星、金牛 θ 双星、大陵五变星、天琴座 β 变星、狮子座流星。

十二月份：星座：天琴座、天鹅座、飞马座、仙女座、鲸鱼座、英仙座、御夫座、金牛座、猎户座。

其它目标：昴星团、天琴座 ϵ 双星、金牛座 θ 双星、猎户座 π_5 双星、大陵五变星、天琴座 β 变星、双子座流星。

说明：

1. 表中所列星座，不包括永不下落的星座在内。每月所列出的星座都是在日落后3~4小时内所见到出现在天球上的主要星座。

2. 对其他目标的观测，需要有一架小型望远镜。有的目标用小双筒望远镜也可能观测到。

3. 行星是天文爱好者重要的观测内容，但因其在天球上的“行踪”不断变化，建议读者从每年出版一册的《天文普及年历》或《天文年历》中去查。

